



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



# ZAVRŠNI RAD

**Marko Navijalić**

Zagreb, 2013.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



# ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof.dr.sc. Predrag Čosić

Student:

Marko Navijalić

Zagreb, 2013.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se prof.dr.sc. Predragu Ćosiću na pruženoj literaturi i iskazanoj pomoći tijekom izrade ovog rada. Također bih se htio zahvaliti svim zastupnicima proizvođača automobila u Hrvatskoj, pogotovo Robertu Špiranecu iz Mazde Hrvatska, Domagoju Šestanu iz Tomić & Co., te Volvo Cars Corporation koji su mi pružili svoje materijale kako bih mogao napisati ovaj rad.

Posebno bih se htio zahvaliti svojim roditeljima, koji su mi tijekom cijelog studija pružili bezrezervnu podršku, kako moralnu, tako i financijsku, bez koje sigurno ne bih stigao do pisanja ovog rada.

Marko Navijalić

# SADRŽAJ

<b>SADRŽAJ .....</b>	<b>I</b>
<b>POPIS SLIKA.....</b>	<b>III</b>
<b>POPIS TABLICA.....</b>	<b>V</b>
<b>POPIS KRATICA .....</b>	<b>VI</b>
<b>SAŽETAK.....</b>	<b>VII</b>
<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. UPRAVLJANJE TEHNOLOGIJAMA I INOVACIJAMA .....</b>	<b>2</b>
2.1. Definicija tehnologije .....	2
2.2. Menadžment i tehnologija .....	4
2.2.1. Definicija menadžmenta .....	4
2.2.2. Upravljanje tehnologijom.....	5
2.3. Pojam inovacija u tehnologiji.....	6
2.3.1. Izum i inovacija .....	7
2.3.2. Upravljanje inovacijama.....	9
2.4. Životni vijek tehnologije .....	10
2.4.1. Difuzija tehnologije .....	13
2.5. Ključne putanje u procesu stvaranja inovacija .....	14
2.5.1. Prelaženje granica.....	14
2.5.2. Pojava složenih tehnologija.....	15
2.5.3. Distribuiranje znanja .....	16
<b>3. STANJE AUTOINDUSTRIJE U EUROPI I SVIJETU .....</b>	<b>17</b>
3.1. Kratka povijest autoindustrije .....	17
3.2. Utjecaj ekonomske krize 2008. godine na autoindustriju .....	20
3.3. Autoindustrija u Europi .....	21
3.4. Zahtjevi koji se postavljaju pred proizvođače automobila .....	25
3.4.1. Smanjenje emisije ugljičnog dioksida .....	25
3.4.2. Povećanje učinkovitosti motora .....	28
3.4.3. Povećanje sigurnosti.....	31
<b>4. PRISTUP INOVACIJAMA U AUTOINDUSTRIJI .....</b>	<b>34</b>
4.1. Fokus inovacija – megatrendovi.....	35
4.2. Potencijal inovacija – tehnologija .....	37
4.3. Prihvatanje inovacija – tržište.....	38
4.4. Ekonomičnost inovacija .....	40
<b>5. PRIMJERI INOVACIJA U AUTOINDUSTRIJI .....</b>	<b>42</b>
5.1. Mazdina SkyActiv tehnologija.....	42
5.1.1. SkyActiv-G benzinski motor .....	43
5.1.2. SkyActiv-D dizelski motor.....	48
5.1.3. SkyActiv-Drive automatski mjenjač .....	52

5.1.4.	SkyActiv-MT ručni mjenjač.....	54
5.1.5.	SkyActiv karoserija .....	56
5.1.6.	SkyActiv šasija .....	58
5.2.	Ostali primjeri.....	60
5.2.1.	VW Golf VII .....	60
5.2.2.	Volvo V40 .....	62
5.2.3.	BMW 7 .....	65
5.2.4.	Siemens PLM sustav .....	69
<b>6.</b>	<b>ZAKLJUČAK .....</b>	<b>72</b>
<b>7.</b>	<b>LITERATURA.....</b>	<b>73</b>

## POPIS SLIKA

Slika 2.1. Razvoj uređaja za telefoniranje [2] .....	3
Slika 2.2. Brzina promjene tehnološkog razvoja [5] .....	6
Slika 2.3. Povezanost znanosti, tehnologije i tržišta [5] .....	8
Slika 2.4. Životni vijek tehnologije [5] .....	10
Slika 2.5. Promjena tržišnog udjela tehnologije u vremenu [5] .....	12
Slika 3.1. Ford Model T [13] .....	18
Slika 3.2. Udio u zahtjevima za patente u autoindustriji [16] .....	22
Slika 3.3. Proizvodnja automobila u svijetu [16] .....	23
Slika 3.4. Proizvodnja automobila u Europi (po državama) [16] .....	23
Slika 3.5. Broj novoregistriranih vozila u Europi od 1990. do 2011. godine [16] .....	24
Slika 3.6. Usporedba novoregistriranih vozila i BDP-a u Europi [16] .....	24
Slika 3.7. Emisija CO <sub>2</sub> od 1995. do 2009. godine [21] .....	27
Slika 3.8. Kretanje prosječne snage novoregistriranih automobila u Zapadnoj Europi [23] .....	29
Slika 3.9. Primjer rada turbokompresora [25] .....	30
Slika 3.10. Primjer tipičnog piezo injektora [26] .....	30
Slika 3.11. EuroNCAP testne lutke [29] .....	33
Slika 4.1. Procjena rasporeda stanovništva 2015. godine [30] .....	36
Slika 4.2. Uspješnost prodaje inovacija kranjem kupcu [30] .....	39
Slika 5.1. Pad okretnog momenta povećanjem omjera kompresije [34] .....	44
Slika 5.2. Omjer udjela zaostalih ispušnih plinova i temperature u GMT [34] .....	45
Slika 5.3. 4-2-1 ispušni sustav [35] .....	45
Slika 5.4. Klip sa šupljinom [34] .....	46
Slika 5.5. SkyActiv-G motor [32] .....	47
Slika 5.6. SkyActiv-D motor [32] .....	48
Slika 5.7. Smjesa zraka i goriva kod konvencionalnih i SkyActiv-D dizelskih motora [36] .....	49
Slika 5.8. Omjer ekspanzije trenutnog dizelskog i SkyActiv-D motora [32] .....	49
Slika 5.9. Okretni moment dosadašnjeg i SkyActiv-D motora [32] .....	50
Slika 5.10. Primjer keramičkog grijača [37] .....	50
Slika 5.11. VVL sustav [36] .....	51
Slika 5.12. Turbopunjač SkyActiv-D motora [38] .....	51
Slika 5.13. Udio vremena krute povezanosti spojke [39] .....	53
Slika 5.14. SkyActiv-Drive automatski mjenjač [40] .....	53
Slika 5.15. SkyActiv-MT ručni mjenjač [40] .....	54

Slika 5.16. Hod ručice mjenjača i sila potrebna za ubacivanje u brzinu [32] .....	55
Slika 5.17. Dva koncepta razvoja nove SkyActiv karoserije [41] .....	56
Slika 5.18. Četiri kontinuirana okvira karoserije [32].....	56
Slika 5.19. Širenje naprezanja pri sudaru [32] .....	57
Slika 5.20. Udio pojedinih vrsta čelika u karoseriji [32] .....	57
Slika 5.21. Zatur [32] .....	58
Slika 5.22. Poboljšanja SkyActiv šasije [42] .....	59
Slika 5.23. Golf VII [43] .....	60
Slika 5.24. Multikolizijska kočnica [45] .....	61
Slika 5.25. Volvo V40 [46] .....	62
Slika 5.26. Zračni jastuk za pješake [48] .....	63
Slika 5.27. Elektronski sustavi sigurnosti Volva V40 [48] .....	64
Slika 5.28. Biksenso prilagodljivo svjetlo [50] .....	65
Slika 5.29. Postavke kratkog svjetla [50] .....	66
Slika 5.30. Postavke dugog svjetla [50] .....	67
Slika 5.31. BMW Night Vision upozorenja [51] .....	67
Slika 5.32. BMW Night Vision Dynamic Light Spot sustav [51].....	68
Slika 5.33. Životni ciklus proizvoda [52].....	69
Slika 5.34. Simulacija modela u NX softveru [54] .....	71

**POPIS TABLICA**

Tablica 2.1. Udio jednostavnih i složenih proizvoda na svjetskom tržištu [10] .....	15
Tablica 3.1. Proizvodnja automobila u svijetu od 1997. do 2011. [14] .....	19
Tablica 5.1. Usporedba automatskih mjenjača [39] .....	52



## POPIS KRATICA

JIT	Just in time
ZQC	Zero Quality Control System
R&D	Research & development
GM	General Motors
SUV	Sport utility vehicle
ACEA	Associaton des Constructeurs Européens d'Automobiles
BRIC	Brazil, Rusija, Indija, Kina
NAFTA	North American Free Trade Agreement
BDP	Bruto domaći proizvod
NHTSA	The National Highway Traffic Safety Administration
IIHS	Insurance Institute for Highway Safety
EuroNCAP	European New Car Assessment Program
ABS	Anti-lock braking system
ESC	Electronic stability control
BMW	Bayerische Motoren Werke AG
VW	Volkswagen
GMT	Gornja mrtva točka
S-VT	Sequential Valve Timing
DMT	Donja mrtva točka
VVL	Variable Valve Lift
CVT	Continuously variable transmission
CAE	Computer aided engineering
BLIS	Blind Spot Info System
LED	Light emitting diode
ERSO	European Road Safety Observatory
PLM	Product lifecycle management
ERP	Enterprise resource planning
CAD	Computer-aided design
CAM	Computer-aided manufacturing

## SAŽETAK

U ovom radu definiran je pojam tehnologije te upravljanja tehnologijama. Prikazana je velika brzina razvoja tehnologija kroz povijest te njihov utjecaj na cijelu civilizaciju. U okviru razvoja tehnologija, analiziran je utjecaj znanosti, izuma te inovacija na razvitak tehnologije. Ukazano je na važnost poznavanja životnog vijeka tehnologije, kao i važnost savršenog tempiranja plasiranja pojedinih inovacija i tehnologija na tržište. Analizirani su i ključni trendovi, koji utječu na proces stvaranja inovacija.

Poseban naglasak je stavljen na automobilsku industriju, te je dan kratki prikaz razvitka autoindustrije kroz povijest, kao i njezinog trenutnog stanja u svijetu i Europi. Pobrojani su današnji najznačajniji trendovi u autoindustriji, kao i glavni zahtjevi koji se postavljaju pred proizvođače automobila, te kako ti zahtjevi utječu na potencijalne buduće inovacije i razvoj tehnologije. Obraden je i pristup inovacijama u autoindustriji, u kontekstu smjernica koje bi proizvođači trebali slijediti, žele li opstati na današnjem i budućem tržištu.

Na kraju, dana je analiza nekoliko konkretnih primjera inovacija današnjih proizvođača automobila, a najveći fokus je stavljen na Mazdinu SkyActiv tehnologiju i pokušaj poboljšanja učinkovitosti motora s unutarnjim izgaranjem, za kojeg smatraju da još uvijek ima mnogo toga za ponuditi u autoindustriji. Također, analizirani su neki odabrani primjeri inovacija koje nastoje odgovoriti na neke druge zahtjeve tržišta, kao što su povećanje sigurnosti, smanjenje mase automobila, optimiziranje procesa razvoja, proizvodnje novih automobila i sl.

## 1. UVOD

Tehnologije su, kroz povijest, imale značajan utjecaj na ljude, njihovo ponašanje, te aktivnosti. Počevši od razvoja prvih agrikulturalnih tehnologija, preko razvoja kotača, pa sve do relativno nedavne industrijske revolucije, tehnologije su uvelike promijenile naš način života. Današnje tehnologije su vrlo složene, te se sastoje do mnogih jednostavnih tehnologija, koje stalno napreduju i razvijaju se.

Fokus ovoga rada stavljen je na autoindustriju, jednu od najvećih i najprofitabilnijih industrija u svijetu. Automobil je savršeni primjer mnogo jednostavnih tehnologija povezanih u jednu veliku, kompleksnu tehnologiju, bez koje bi današnji način života bio nezamisliv. To je tehnologija koja osigurava mobilnost pojedinaca. Autoindustrija je jedna od temeljnih grana industrije, koja pokreće gospodarstvo i ekonomski razvoj zemalja u kojima se nalazi. Međutim, autoindustrija, zbog svoje složenosti, potiče i razvoj drugih industrija i područja znanosti, te je ona izvor mnogih inovacija, novih tehnologija i novih materijala (keramika, karbon, visokočvrsti čelici, polimeri). Organizacijske tehnologije potekle iz autoindustrije mogu se primijeniti i na druga poduzeća koja žele poboljšati svoju organizaciju, smanjiti troškove, povećati učinkovitost ili razviti potpuno nove tehnologije.

Međutim, zbog sve većih i sve strožih zahtjeva i kriterija, kako tržišta, tako i zakonske regulative, koji su postavljeni pred proizvođače automobila, autoindustrija će morati pronaći nova rješenja kako bi ih sve ispunila, a da pritom proizvodnja automobila ne postane neisplativa. Očito je da će im za to biti potrebna velika ulaganja u istraživanje i razvoj, te inovacije koje će ispunjavati uvjete budućeg tržišta. To im može uspjeti samo stvaranjem „zdravih“ uvjeta za proces inoviranja i implementacije znanja u razvoju svojih proizvoda. To podrazumijeva poticanje zaposlenika na kreativno razmišljanje u rješavanju problema, te preuzimanje određene doze rizika jer vrlo malo ideja zaista i završi plasmanom na tržište. Također, praćenje stanja na tržištu i globalnih trendova može uvelike pospješiti potencijalni uspjeh inovacija i njihovog plasmana na tržište, te smanjiti rizike.

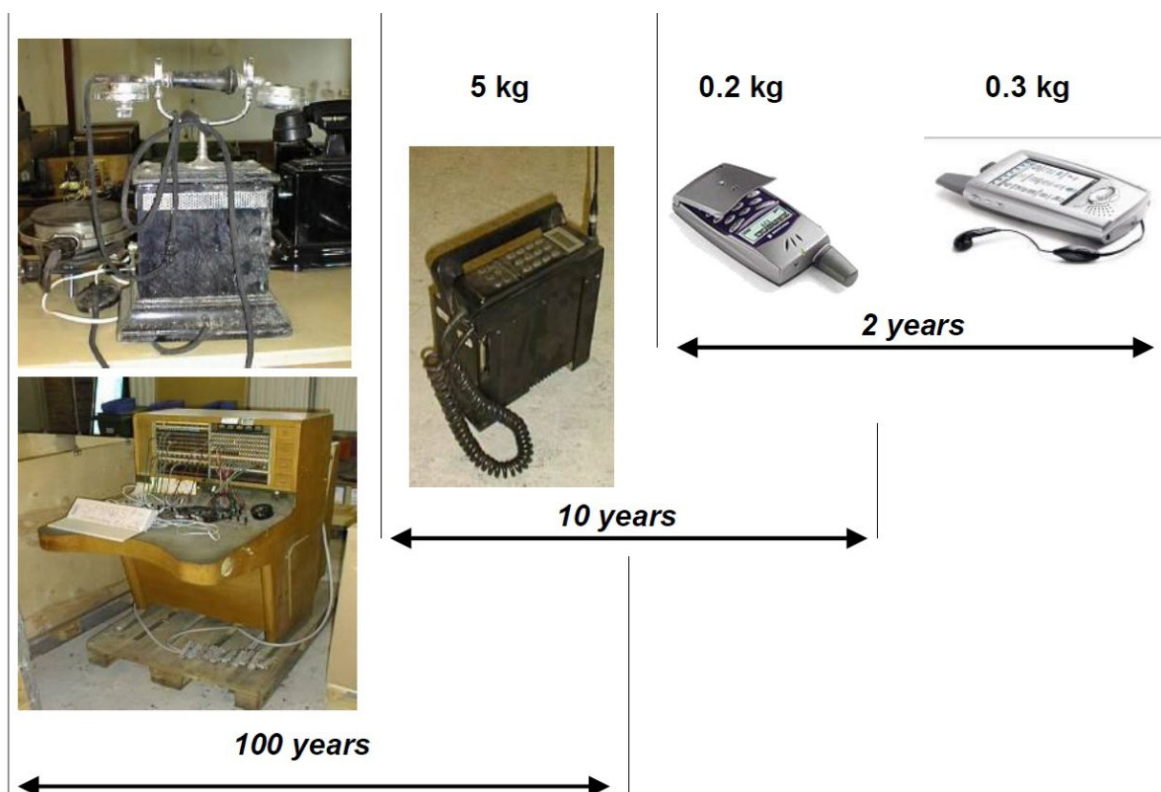
## 2. UPRAVLJANJE TEHNOLOGIJAMA I INOVACIJAMA

### 2.1. DEFINICIJA TEHNOLOGIJE

Živimo u vremenu u kojem su tehnologije sastavni dio naše svakodnevnice, te u budućnosti možemo samo očekivati porast njihovog utjecaja i upletenosti u svakom aspektu naših života. Iz tog razloga je od velike važnosti znati što tehnologije ustvari jesu. Čak i u današnje vrijeme, kada je većina naših aktivnosti nezamisliva bez tehnologija, mnogo ljudi ne zna točnu definiciju tehnologije, što stvara mnogo zabune i nesporazuma. Stoga je važno u startu znati definirati pojam tehnologije, te se na toj definiciji može dalje graditi razumijevanje i upravljanje tehnologijama.

Pojam tehnologije možemo definirati kao svo znanje, proizvode, procese, alate, metode i sustave koji su uključeni u stvaranje dobara ili pružanju usluga. Jednostavnije rečeno, tehnologija je praktična implementacija znanja. Ona se sastoji od tri međuovisne i jednako važne komponente [1]: hardvera (fizičkog sastava i rasporeda opreme ili strojeva), softvera (znanja kako iskoristiti hardver kako bi se izvršili zadaci) i „brainwarea“ („mozgovlja“, razloga zašto koristiti tehnologiju na određeni način). Dodatno moramo uzeti u obzir i četvrtu, nezavisnu komponentu, jer ona obuhvaća sve razine tehnoloških dostignuća. Ta komponenta je nazvana „know-how“, a definira se kao naučeno ili prikupljeno znanje, tehnološke vještine koje nam omogućuju da stvari kreiramo na pravi način. One mogu biti rezultat iskustva, prijenosa znanja ili prakse, ili kombinacije toga.

Može se reći da danas živimo u „eri znanja“. Premda su tehnologija i znanje vrlo usko povezani, pogrešno je smatrati ih istovjetnima. Znanje ne definiramo kao informacije, iako ono ovisi o količini dostupnih informacija. Ljudi su uspjeli sve dostupne informacije kroz povijest skupljati, razvrstati, filtrirati, te od njih stvoriti činjenice, zakone i teorije koje danas čine osnovu ljudskog prosvjetljenja, obrazovanja i učenja. Prema tome, znanje možemo definirati kao sve ono što je ljudski um spazio, razumio, spoznao od svih, njemu dostupnih, informacija. Tek kad je to znanje iskorišteno i praktično implementirano u svrhu stvaranja novih dobara, stvari, upravljanja sustavima ili pružanja usluga, tada to smatramo tehnologijom. Utvrđeno je da je u posljednjih 30 godina proizvedeno više informacija nego tijekom prošlih 5000 godina, te da se količina dostupnih informacija udvostručuje svakih 5 godina. Slika 2.1. prikazuje razvoj telefonskih uređaja kroz posljednjih 100 godina, gdje vidimo da se najveći razvoj odvio samo u zadnjih 10 godina.



Slika 2.1. Razvoj uređaja za telefoniranje [2]

Ovaj ubrzani rast proizvedenih i nama dostupnih informacija je uzrokovan, ponajviše, internetskom revolucijom, ali i proširenjem i poboljšanjem kvalitete obrazovnih sustava diljem svijeta. Nažalost, nije svaka primjena informacija pozitivna, tj. ne moraju sve informacije biti iskorištene u pozitivne svrhe. Stoga je potrebno znati dobro razvrstati i filtrirati prikupljene i informacije, te znati koje od njih iskoristiti kao tehnologije koje mogu pomoći stvaranju novih dobara i vrijednosti, a ne njihovoj destrukciji.

Količina znanja dostupna današnjem društvu stvara ogroman izvor informacija koje se mogu iskoristiti za stvaranje poduzeća i profit. Poduzeća koriste dostupna znanja stvarajući tehnologiju koju koriste za pretvorbu različitih resursa (materijalnih, ljudskih ili drugih potencijala) u proizvode ili usluge. Plasiranjem tih proizvoda ili usluga na tržište ostvaruju profit, koji kasnije koriste kako bi stvarali nova znanja, nove tehnologije, te, u konačnici, nove proizvode ili usluge. U prošlosti se vrijednost poduzeća procijenjivala prema vrijednosti njenih nekretnina, opreme, strojeva, te kapitala. U današnje doba, vrijeme tehnologije, sve više na važnosti dobiva i vrijednost tehnologija. Tehnologiju posjeduju zaposlenici poduzeća i njeni tehnološki sustavi, te je upravo ta tehnologija ona koja stvara novu vrijednost.

## 2.2. MENADŽMENT I TEHNOLOGIJA

### 2.2.1. Definicija menadžmenta

Poduzeća bez adekvatnog stručnog sustava upravljanja nisu niti približno efikasna i produktivna kao ona koja imaju adekvatan odjel menadžmenta i upravljanja. Menadžment se može opisati kao služba poduzeća koja njime upravlja, te ga usmjerava ka ostvarenju zadanih ciljeva. On pruža smjernice poduzeću i uspostavlja put kojime ono može na najbolji, najbrži i najekonomičniji način ostvariti svoje ciljeve. Menadžment također prima povratne informacije od tako uspostavljenog sustava, te ih analizira i po potrebi mijenja početne parametre, a sve u svrhu dodatnog povećanja učinkovitosti ili ispravljanja grešaka koje se nisu mogle predvidjeti prije puštanja sustava u rad.

Ovom definicijom nisu niti približno uzete u obzir sve funkcije menadžmenta u poduzeću, jer je to naprosto nemoguće obuhvatiti jednom općom definicijom. To vrlo često nije egzaktna znanost, te ne postoje jedinstvene formule i jednadžbe kojima se mogu riješiti svi problemi, te stoga vrlo često razliku između uspješnog i neuspješnog poduzeća mogu činiti samo sposobni menadžeri koji su bili u stanju povećati učinkovitost svog poduzeća, te mu osigurati profit i dugoročnu poziciju na tržištu. Neke od funkcija menadžmenta u poduzeću su planiranje, organiziranje, iskorištavanje ljudskih potencijala, motiviranje i upravljanje raznim aktivnostima.

Otac znanstvenog menadžmenta je Frederick Winslow Taylor, američki inženjer strojarstva, koji je istraživao kako poboljšati industrijsku učinkovitost. On je zagovarao izbacivanje svih metoda rada koje se baziraju na procjenjivanju rezultata nepreciznim metodama, a umjesto njih je zagovarao uvođenje metoda rada temeljenih na stvarnim znanstvenim studijama određenih pojava i točnim rezultatima. Također je zagovarao stručni odabir, obuku i razvoj svakog radnika, što će bitno poboljšati njihovu učinkovitost i smanjiti mogućnost pogreške. Također je zamislio podjelu rada između menadžmenta i radnika, tako da menadžment koristi principe znanstvenog upravljanja pri planiranju rada, a radnici taj rad stvarno i obave. [3]

Taylorov rad je motivirao mnoge druge da se ozbiljnije pozabave problemom menadžmenta u poduzećima i porade na poboljšanju učinkovitosti, što je konačno dovelo do razvitka „tehnologija menadžmenta“. Pojam tehnologija menadžmenta obuhvaća sve tehnologije koje se koriste u svrhu upravljanja poduzećem ili njegovim funkcijama, kako bi se postigli određeni rezultati i ciljevi. Međutim, Taylorov pristup je naišao na mnoge kritike. Prvenstveno se to odnosilo na podjelu radnika na one koji „misle“ i one koji „rade“. Radnicima je posvećivao samo najjednostavnije zadatke. Menadžeri bi strogo propisali što radnik mora raditi, a radnikova je jedina zadaća bila da to izvrši.

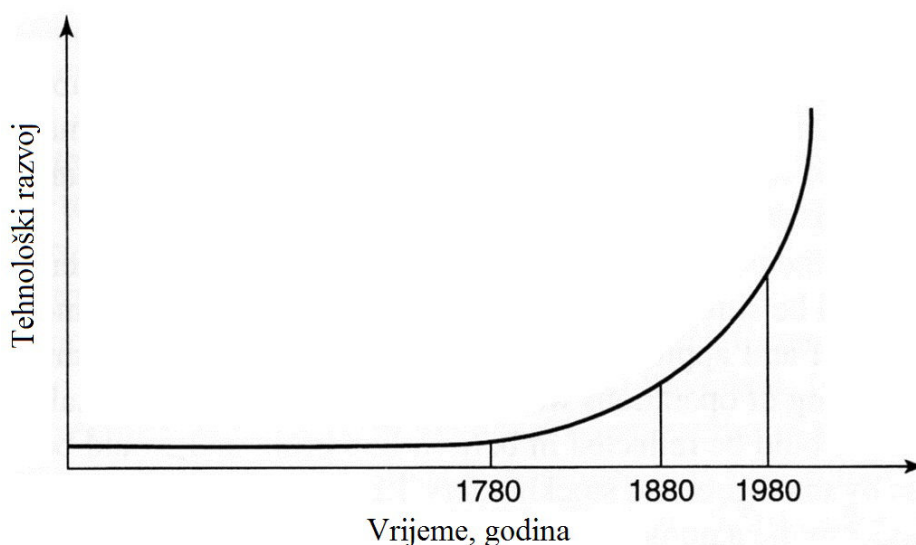
U Japanu se, pak, u Toyoti, razvila potpuno drugačija proizvodna filozofija, nazvana Toyota Production System. [4] Najzaslužniji za razvitak tog sustava su Taiichi Ohno, Shigeo Shingo i Eiji Toyoda. Sustav se zasniva na principima eliminiranja svih gubitaka i konstantnom unapređivanju proizvodnje. Za razliku od Taylora, koji je radniku oduzeo kreativnost i mogućnosti improvizacije u cilju stvaranja inovacija, Toyotin proizvodni sustav upravo traži konstantno poboljšavanje sustava (Kaizen), poticanjem inovacija, kreativnog razmišljanja, timskog rada među svim zaposlenicima, te međusobnim poštovanjem. Neke od najvažnijih metoda unapređenja proizvodnje, koje je osmislio Shigeo Shingo, su proizvodnja točno na vrijeme (JIT), metoda nula grešaka (ZQC), te Poka-Yoke, metoda koja eliminira mogućnost pogreške jednostavnim konstrukcijskim rješenjima.

### **2.2.2. Upravljanje tehnologijom**

Razvitak menadžmenta, tj. znanstvenog upravljanja, je doveo do pojave nove vrste menadžmenta, koja se naziva upravljanje tehnologijom. Upravljanje tehnologijom je interdisciplinarno područje koje obuhvaća znanost, inženjerstvo i znanje i iskustvo menadžmenta. To podrazumijeva upravljanje sustavima koji omogućuju stvaranje, prikupljanje i iskorištavanje energije i informacija. Jedne od najvažnijih komponenata stvaranja i napretka tehnologije su istraživanje, izumi i razvoj. Međutim, one ne stvaraju izravnu tržišnu vrijednost niti donose zaradu poduzeću. Izum ili ideja koja nije pretvorena u proizvod ne stvara izravan profit, ali stvara polazište za primjenu tog izuma. Ono što stvara profit je komercijalizacija i iskorištavanje te ideje u svrhu stvaranja novih vrijednosti, dobara, proizvoda ili usluga. Upravo u tom segmentu upravljanje tehnologijom igra najveću ulogu, a to je kako na najučinkovitiji način iskoristiti postojeća i novo otkrivena znanja kako bi se stvorio proizvod koji će na tržištu imati neku vrijednost. Kako bi proizvod ili usluga imali neku vrijednost na tržištu, oni moraju biti traženi i konkurentni. Ta korist može se očitovati u većoj funkcionalnosti proizvoda, manjoj cijeni ili jednostavno u dizajnu privlačnijem kupcu, a najčešće u kombinaciji svih tih faktora.

Međutim, razvitak tehnologije ne jamči ujedno i ekonomski rast države. Postoji mnogo drugih složenih čimbenika koji utječu na ekonomski rast. Neki od njih su ulaganje, rad, društveni, politički i ekološki čimbenici, prirodni resursi, javna politika i mnogi drugi. Zadatak upravljanja tehnologijom je ovladati svim tim čimbenicima, te kombiniranjem znanja iz svih tih područja stvoriti zdravu okolinu za razvoj tehnologije. Slikovito rečeno, tehnologija u tom kontekstu predstavlja samo sjeme, koje, ako se ispravno uzgaja, daje rezultate u vidu profita i ekonomskog rasta. Upravljanje tehnologijom se pojavljuje na tri razine: državnoj (kreira javnu politiku), na razini poduzeća (stvara održiva kompetitivna poduzeća) i na individualnoj razini (doprinosi povećanju vrijednosti pojedinca u društvu).

Kako bi najbolje opisali važnost upravljanja tehnologijom, najbolje bi bilo analizirati brzinu tehnološkog razvoja kroz godine, te uvidjeti kakvo je stanje danas. Najveća razlika između današnjeg svijeta i prošlosti je u brzini tehnoloških promjena. Tijekom 80-ih i 90-ih godina do izražaja je došlo globalno nadmetanje između zemalja, čemu je glavni uzrok pojavljivanje nekih novih zemalja, koje dotad nisu bile konkurentne u korištenju postojećih i stvaranju novih tehnologija. Brzina tehnoloških promjena nakon završetka Hladnog rata je fantastična. U nekim sektorima, pogotovo informacijskom, više se promjena dogodilo u zadnjih par desetljeća nego u zadnjih nekoliko stotina tisuća godina. Slika 2.2. prikazuje da tehnološki razvoj raste eksponencijalno.



Slika 2.2. Brzina promjene tehnološkog razvoja [5]

Usko povezana s brzim napretkom tehnološkog razvoja je i promjena u zahtjevima tržišta. U vrijeme Henryja Forda i njegove masovne proizvodnje, kupci nisu imali mnogo izbora glede karakteristika i izgleda proizvoda. Danas kupci traže mogućnost izbora, personalizacije, ali i visoku kvalitetu proizvoda. Upravo upravljanje tehnologijom omogućava fleksibilnost tehnologija i mogućnost brzog odgovora na sve zahtjeve tržišta.

### 2.3. POJAM INOVACIJA U TEHNOLOGIJI

Kako je već ranije navedeno, upravljanje tehnologijom nije uvijek egzaktna znanost s jedinstvenim formulama i rješenjima za sve probleme koje je potrebno riješiti. Kako bi se uspješno upravljalo tehnologijom, konstantno je poboljšavajući, potrebna je velika doza kreativnosti svih ljudi koji su dio te tehnologije. Kreativnost je ono što pokreće tehnologiju, što joj daje zamah i prednost pred drugim tehnologijama. Niti jedna tehnologija nije vječna, te ne može vječno biti profitabilna u nepromijenjenom sustavu, već je potreban konstantan rad na



poboljšanju tehnologije, te kreiranju novih vrijednosti, novih proizvoda, novih načina proizvodnje, tj. novih ideja.

Međutim, nerealno je očekivati da te ideje osvanu same od sebe, da ljudi bez ikakvog motiva ili poticaja neumorno rade na osmišljavanju novih rješenja. Proces kreiranja inovacija je skup proces. Procijenjeno je da se tek jedna od svakih 3000 ideja proizvoda uspije plasirati na tržište, dok iza svakog uspješnog projekta (u području informacijskih i komunikacijskih tehnologija) stoje stotine i stotine neuspješnih projekata. [6] Iz toga je vidljivo da, bez značajne financijske podrške i motivacije, se ne mogu očekivati revolucionarni pomaci u razvoju tehnologije i njenoj primjeni.

Stoga je vrlo važno na vrijeme shvatiti važnost ulaganja u područje istraživanja i razvoja (R&D), čija je funkcija stvoriti uvjete za poticanje kreativnosti i stvaranje novih ideja. Iako je to vrlo skupa djelatnost, nikako se ne smije zanemariti njena važnost, jer niti jedna tehnologija, ma kako profitabilna ona u tom trenutku bila, ne garantira vječan, pa čak niti dugotrajan, opstanak na tržištu. To je pogotovo važno u današnje vrijeme, u eri znanja, kada je tehnološki razvoj brži nego ikada prije i kada je on jedan od glavnih čimbenika u ekonomskom rastu svake razvijene zemlje.

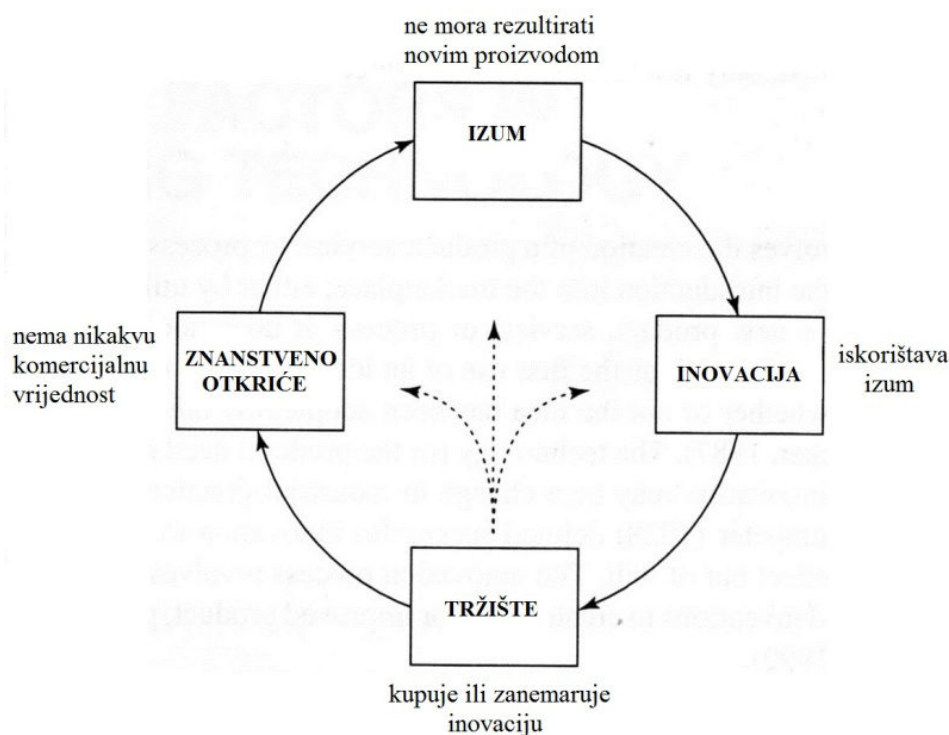
### **2.3.1. Izum i inovacija**

Kako bismo mogli uopće početi analizirati utjecaj kreativnosti i stvaranja novih ideja i tehnologija na tehnološki razvoj, moramo prvo definirati i razlikovati pojmove izuma i inovacija. Izumom se smatra novi koncept ili potpuno nova tehnologija. To znači da taj izum mora biti nešto potpuno novo u svijetu, bio to novi proizvod, novi materijal ili novi proces proizvodnje. Izumi nastaju kao rezultat genijalnosti i maštovitosti ljudi. Najčešće su direktna posljedica znanstvenih otkrića, koja otkriju neke nove prirodne zakone ili načine kako se te zakone može iskoristiti. Međutim, potrebno je određeno vrijeme da se znanstveno otkriće iskoristi i pretvori u nešto korisno, nešto što bi moglo biti profitabilno na tržištu. Neki primjeri izuma su parni stroj, tranzistor, motor s unutarnjim izgaranjem itd.

Za razliku od izuma, inovacija ne mora biti nešto potpuno novo u svijetu. Inovacijom se smatra stvaranje proizvoda, usluge ili procesa koji predstavlja nešto novo u toj određenoj organizaciji i predstavljanje tog noviteta tržištu. Dakle, inovacija je unapređenje postojećeg proizvoda, usluge ili procesa. To može biti i neki proizvod koji već postoji u nekim drugim poduzećima ili nekim drugim tržištima. Inovacije mogu nastati povezivanjem postojeće tehnologije s nekim novim izumom, rezultat čega je novi i poboljšani proizvod ili sustav.

Inovacija može biti i promjena u proizvodnom procesu, kojom se smanjuju vremena i/ili troškovi proizvodnje.

Iz ova dva objašnjenja jasno je vidljivo kako su izumi i inovacije, iako dva različita pojma, vrlo usko povezani. I u praksi je to najčešće tako. Primjerice, nakon jednog izuma slijedi niz inovacija, koji će znanje dobiveno iz tog izuma povezati s postojećom tehnologijom, poboljšati postojeće sustave i proizvode, i plasirati nove inovativne proizvode na tržište, što u konačnici stvara profit. Možemo slobodno reći kako jedno o drugome ovisi. Kada ne bi bilo znanstvenih otkrića i izuma, inovacije nebi bile moguće, jer dostupno znanje ne bi bilo dovoljno za konstantno poboljšavanje postojećih tehnologija, te bi došlo do zasićenja tržišta istim i nepromijenjenim proizvodima. Međutim, isto tako, kada bismo imali samo izume, a nebi bilo procesa stvaranja inovacija, tj. povezivanja tih izuma s tržištem, ne bi niti bilo financijske koristi i isplativosti, te ne bismo imali sredstva za ulaganja u daljnja istraživanja, nova otkrića i nove izume. Upravo to je najveći razlog nevjerojatne brzine rasta tehnološkog razvoja u zadnjih nešto više od sto godina. Kroz prošlost su se znanost i tehnologija razvijali odvojeno jedno od drugog. Znanstvena otkrića nisu nužno uzrokovala razvoj nove tehnologije, a tehnologija nije podupirala istraživanja i nova znanstvena otkrića. Tek kad su se te dvije discipline povezale, došlo je do velikog napretka u ljudskoj civilizaciji, do snažnog tehnološkog razvoja. Povezanost znanosti, tehnologije i tržišta najbolje je prikazana na slici 2.3.



Slika 2.3. Povezanost znanosti, tehnologije i tržišta [5]

Međutim, ovi procesi se ne događaju sami od sebe. Za njih je potrebna određena kreativnost, inovativnost, a tu kreativnost je potrebno konstantno poticati. Stoga je potrebno izgraditi okolinu koja će osigurati uvjete u kojima će se njegovati kreativnost. Takva okolina trebala bi imati slijedeće karakteristike [7]:

1. Motivirati zaposlenike radom u područjima koja ih najviše zanimaju.
2. Poticati zaposlenike da razmjenjuju ideje sa stimulativnim kolegama.
3. Dozvoljavati preuzimanje umjerenih rizika.
4. Tolerirati određene neuspjehe.
5. Pružati odgovarajuće nagrade i priznanja.

### **2.3.2. Upravljanje inovacijama**

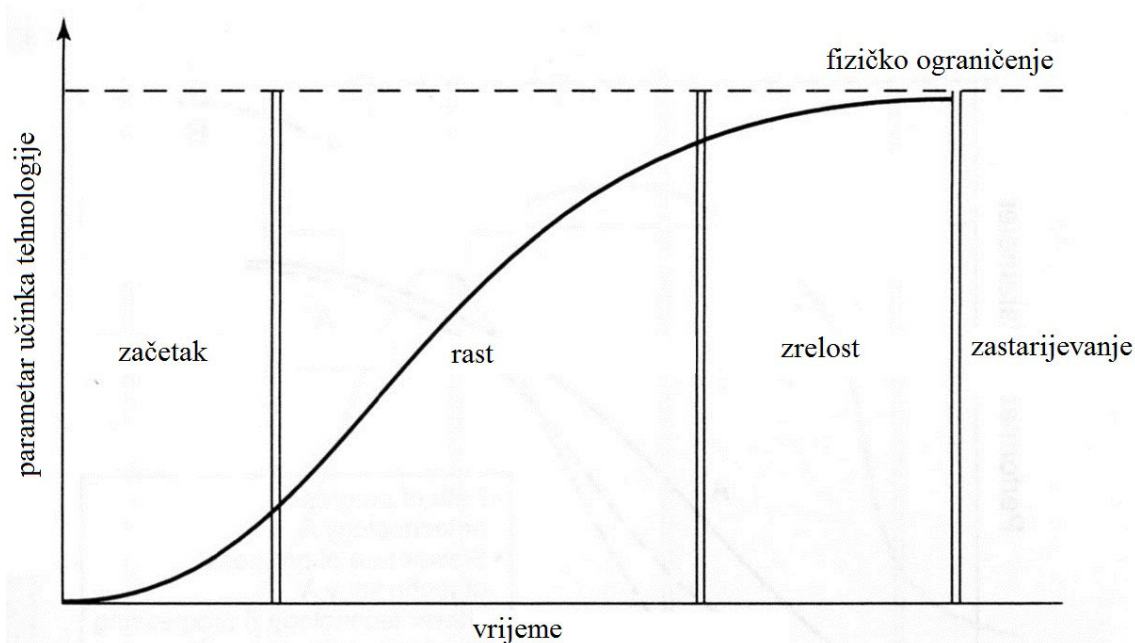
Postoji određena vremenska odgoda između faza znanstvenog otkrića, izuma, inovacije i plasiranja na tržište. Upravo to vrijeme je od velike važnosti za poduzeća koja posjeduju tehnologiju i plasiraju ju na tržište. Mogućnost upravljanja tim vremenom i određivanjem kada će se neka inovacija plasirati na tržište može donijeti značajne dobitke ili pak gubitke poduzeću. Stoga je potrebno posvetiti mnogo pažnje i vremena na pravovremenom plasiranju proizvoda ili usluga na tržište. Primjerice, poduzeće koje želi stvoriti brzu ovisnost tržišta o svojoj tehnologiji, htjet će što prije izbaciti određeni novi proizvod na tržište. Međutim, ako je tehnologija nekog poduzeća zaštićena i ono već ima veliki udio na tržištu s trenutnim proizvodima, u tom slučaju je pametnije malo pričekati s izbacivanjem novih inovacija, tj. novih proizvoda, jer bi to moglo štetiti proizvodima koji su već na tržištu. Tada je pametnije malo pričekati, postupno stvoriti na tržištu potrebu za tom inovacijom i tek tada plasirati inovaciju na tržište.

Jedan od najvažnijih čimbenika u dobiti koju poduzeće može ostvariti od prodaje svoje tehnologije jest, naravno, cijena. Cijenu diktira tehnološka prednost koju to poduzeće posjeduje. Ako je razlika u tehnološkom znanju između kupca i prodavača velika, prodavač može diktirati visoku cijenu za svoju tehnologiju. Međutim, s vremenom se ta razlika smanjuje, jer kupac počinje upoznavati proizvod i tehnologiju, stječe znanje, te tako pada i vrijednost te tehnologije za njega. Ukoliko se taj proces nastavi, razlika može postati čak i negativna za prodavača, tj. kupac može u tom trenutku biti u stanju čak i nadograditi njegov prvotan proizvod. Cilj poduzeća bi trebao biti zaštita tehnologije, konstantno inoviranje, te održavanje velike razlike u poznavanju tehnologije između sebe i kupca, jer je samo u tom slučaju ono u stanju ostvarivati dobit od svoje tehnologije.

Vrlo je lako upasti u svakodnevnu rutinu i zadovoljiti se određenim prihodima, koji mogu biti samo kratkotrajni, te izgubiti stvarnu sliku okoline koja se konstantno mijenja i kojoj se treba prilagođavati. Treba uvijek imati na umu da ništa ne garantira dugotrajan opstanak na tržištu, jer nove tehnologije niču svako malo i tržište je promjenjivije nego ikada prije. Proizvod koji je prije nekoliko godina bio revolucionaran i garantirao prevlast na tržištu, vrlo brzo zastarijeva, te, ukoliko proizvođač ne prati trendove i zahtjeve tržišta, vrlo brzo gubi udio na tržištu i velike dobiti se mogu pretvoriti u velike gubitke. Stoga je važno uvijek biti koncentriran na napredak, na poboljšavanje vlastitih proizvoda, usluga ili proizvodnih procesa. Važno je ulagati u istraživanje i razvoj, jer samo tako se može doći do inovacija koje stvaraju nove tehnologije i, ako su uspješno implementirane, donose nove profite. Zadatak upravljanja tehnologijama i inovacijama je stvoriti fleksibilnu, kompetitivnu okolinu koja će biti u stanju nositi se s promjenama na tržištu, nadograđivanjem zastarjele tehnologije, konstantnom potrebom stvaranja novih proizvoda i poboljšavanja postojećih procesa.

## 2.4. ŽIVOTNI VIJEK TEHNOLOGIJE

Budući da je već ustanovljeno da niti jedna tehnologija nije vječna, od velike je važnosti ustanoviti kako se njen učinak mijenja kroz vrijeme. Svaka tehnologija ima svoj početak, razvitak i rast, fazu unapređivanja i poboljšavanja, te na koncu fazu zastarijevanja i kraj. Ako poznajemo kako se učinak tehnologije mijenja kroz vrijeme, možemo na najbolji mogući način iskoristiti to znanje kako bi izvukli najveću korist iz nje. Učinak tehnologije, tj. njeno poboljšavanje kroz vrijeme, prati s-krivulju prikazanu na slici 2.4.



Slika 2.4. Životni vijek tehnologije [5]

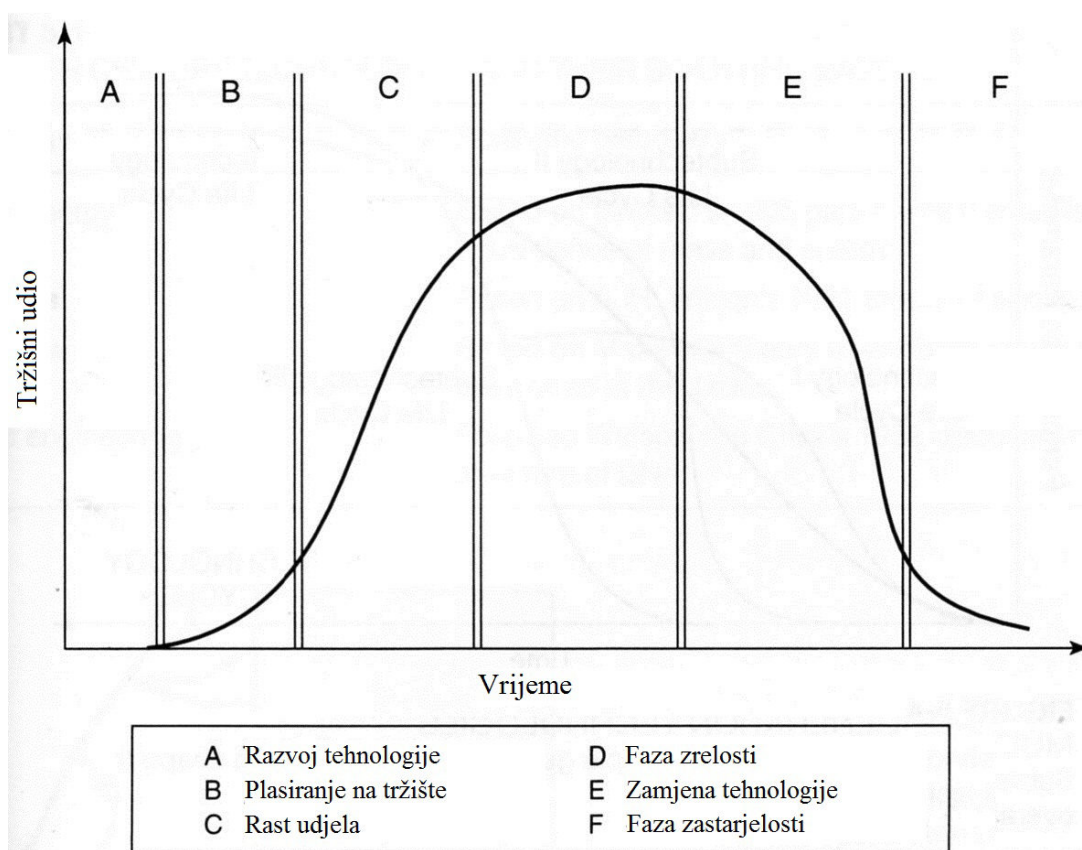
Slika jasno prikazuje da se životni vijek tehnologije može ugrubo podijeliti na četiri faze:

- 1) Faza začetka (embrionska faza) – To je razdoblje početnog razvitka nove tehnologije, kada je prisutno najviše problema i odvija se najviše eksperimentiranja da bi se uopće tehnologija pustila u rad. Iz tog razloga je to razdoblje sporog rasta.
- 2) Faza rasta (faza poboljšavanja) – U ovom je razdoblju rad tehnologije stabilan, ali postoji veliki prostor za napredak i poboljšavanje, pa se sa svakim novim poboljšanjem ubrzava rast učinkovitosti tehnologije.
- 3) Faza zrelosti – Kada se tehnologija polako bliži gornjoj granici svoje učinkovitosti (razlog čemu su najčešće fizička ograničenja koja se ne mogu prevazići), mjesta za poboljšanja ima sve manje, te se rast tehnologije usporava.
- 4) Faza zastarijevanja – Ovo razdoblje nastupa kada su fizička ograničenja tehnologije dostignuta te nema više prostora za napredak, pa samim time niti rasta učinka tehnologije. Tada već moramo imati rješenja za prelazak na novije i učinkovitije tehnologije, inače ćemo se suočiti s dramatičnim padom profita zbog stagniranja tehnologije.

Na ordinati je prikazan parametar učinka tehnologije, što je dosta općenita karakteristika. Time se htjelo objediniti dijagram za sve tehnologije, jer svaka tehnologija ima neku svoju mjernu karakteristiku, primjerice brzinu (kod vozila), frekvenciju (kod mikroprocesora), snagu (kod raznih strojeva) itd. Međutim, neovisno o kojem se parametru tehnologije radi, svaka nova tehnologija će kroz svoj životni vijek pratiti krivulju prikazanu na prethodnoj slici. Naravno, budući da nije točno određeno o kojoj se tehnologiji radi, pa niti koji se parametar mjeri, dijagram nije kvantitativan, već kvalitativan, tj. pokazuje samo okvirno kretanje učinka tehnologije kroz njen životni vijek. Ovisno o vrsti tehnologije, njenoj cijeni, načinu proizvodnje, razini inovativnosti, učinkovitosti i drugim čimbenicima, taj dijagram može izgledati nešto drugačije. Fizičko ograničenje može biti više ili niže, vrijeme koje je potrebno da se dostigne to fizičko ograničenje može biti dulje ili kraće, a samim time i brzina rasta učinka tehnologije može biti viša ili niža. Ovisno o tim čimbenicima, s-krivulja tehnološkog vijeka proizvoda može imati brži ili sporiji rast, ali će to i dalje biti krivulja istog oblika, samo nešto „strmija“ ili „položenija“.

Drugi važan faktor svake tehnologije je njen tržišni udio. Tehnologija, koja još nije dospjela na tržište, nema nikakvu komercijalnu vrijednost. Ona ne donosi nikakav prihod poduzeću. Dapače, donosi mu samo gubitke, jer je u razvoj nove tehnologije potrebno uložiti znatna financijska sredstva, pogotovo ako ta nova tehnologija sadrži više inovacija ili više jednostavnijih tehnologija spojenih u jednu. Međutim, što su veći stupanj inovativnosti i složenost svake nove tehnologije, to je veći njen potencijal, te će u budućnosti, ukoliko se

kvalitetno plasira na tržište, donositi veći prihod. Kako bi se najbolje iskoristio potencijal tehnologije koja se planira plasirati na tržište, potrebno je unaprijed znati krivulju rasta tržišnog udjela kroz njen životni vijek.



Slika 2.5. Promjena tržišnog udjela tehnologije u vremenu [5]

Slika 2.5. prikazuje kretanje tržišnog udjela tehnologije kroz njen životni vijek. Dakako, to je samo kvalitativni prikaz, koji vrijedi općenito za sve tehnologije, dok će svaka tehnologija pratiti malo drugačiju krivulju, ali istoga oblika. Iz dijagrama je jasno da su u početnoj fazi, fazi razvoja tehnologije, njena komercijalna vrijednost i tržišni udio jednaki nuli. Cilj svakog poduzeća je svesti trajanje i trošak toga razdoblja na minimum. Međutim, valja biti oprezan, jer prevelike uštede u fazi istraživanja i razvoja, ključnoj fazi razvoja tehnologije, mogu rezultirati lošom tehnologijom, koja ima mnogo problema koji će se kasnije morati rješavati, a samim time će i pasti vrijednost proizvoda i povjerenje potrošača u taj proizvod, ali i u cijelo poduzeće. Stvarni prihod poduzeće počinje tek dobivati plasiranjem tehnologije na tržište. Možemo uočiti kako krivulja rasta tržišnog udjela tada počinje sličiti krivulji životnog vijeka proizvoda. U početku je rast udjela vrlo polagan, da bi se kasnije znatno ubrzao, ovisno o stupnju inovativnosti proizvoda, učinkovitosti poduzeća u njegovom konstantnom poboljšavanju, te, naravno, o potrebama tržišta. Kako usporava rast učinka tehnologije, tako usporava i rast njenog tržišnog udjela, da bi, konačno, dosegao svoju vrhunac, nakon kojega slijedi polagani, a potom i sve brži pad. Kada tehnologija dosegne vrhunac svog tržišnog udjela, poduzeće već mora imati

spremnu novu tehnologiju u razvitku, kojom će postupno zamijeniti postojeću tehnologiju, na način da se faza rasta nove tehnologije poklopi s fazom pada udjela stare tehnologije. Time poduzeće zadržava isti tržišni udio, samo zamjenjuje tehnologiju kojom ga ostvaruje. Kada postojeća tehnologija dosegne fazu zastarjelosti i, ujedno, potpuno izgubi svoj tržišni udio, nova tehnologija mora biti u fazi najbržeg rasta.

Kroz životni vijek tehnologije ili proizvoda, razlikujemo dva stupnja inovacija – inovaciju proizvoda i inovaciju procesa. Inovacija proizvoda se javlja u početnom razdoblju tehnologije, kada određeni proizvod još uvijek ima prostora za poboljšanja. Kada dosegne maksimum vrijednosti proizvoda, tj. ono stanje kada više ne možemo poboljšati njegovu funkciju i učinkovitost novim rješenjima i inovacijama, tada do izražaja dolaze inovacije procesa. Pod tim inovacijama se misli na poboljšanja u proizvodnji tog proizvoda. Proizvodni proces složeni je skup operacija kojima proizvodimo određeni proizvod. On uvelike određuje cijenu i kvalitetu proizvoda. Ukoliko uspijemo poboljšati taj proces, uvođenjem nekih racionalizacija ili novih inovacija, možemo značajno uštedjeti na vremenu proizvodnje, a samim time i smanjiti konačnu cijenu proizvoda. To može značajno produljiti životni vijek proizvoda.

#### **2.4.1. Difuzija tehnologije**

Difuzija tehnologije je proces pomoću kojeg se inovacija, s vremenom, prenosi određenim kanalima prema ostalim članovima sustava. [8] Koliko god neka inovacija bila učinkovita, njen uspjeh na tržištu će uvelike ovisiti o stupnje njene difuzije među kupcima. Više je čimbenika koji utječu na stupanj usvajanja određene inovacije od strane kupaca:

- 1) Koliko prednosti nudi ta inovacija u odnosu na već postojeći proizvod na tržištu?
- 2) U kojem stupnju se poklapa funkcionalnost inovacije s potrebama kupaca?
- 3) Koliko je inovacija složena i jeli ju teško koristiti?
- 4) Može li se inovacija isprobati prije kupnje?
- 5) Mogu li potencijalni kupci vidjeti učinkovitost inovacije u primjeni kod svojih prijatelja, kolega, susjeda i sl.?

Kombinacija odgovora na ova pitanja dat će i konačni rezultat u stupnju usvajanja inovacije od strane kupaca. Jasno je da će brže biti usvojena ona inovacija koja je jednostavnija za korištenje, funkcionalnija, koje se može isprobati, vidjeti u funkciji, te koja nudi određene prednosti nad već postojim proizvodima na tržištu.

## 2.5. KLJUČNE PUTANJE U PROCESU STVARANJA INOVACIJA

Brojne studije su pokazale kako su u proteklih 50 godina inovacije u industriji bile odgovorne za otprilike 40% porasta produktivnosti u Americi. Dosadašnji model inovacija je podrazumijevao linearni proces – od znanstvenog otkrića kao pokretača procesa, do novih tehnologija, proizvoda ili usluga kao rezultata procesa. Međutim, količina današnjih dostupnih informacija te brzina razvoja tehnologije su znatno promijenile linearnost tog procesa. Danas znanstveno otkriće ne jamči uspješnu i profitabilnu tehnologiju. Inoviranje je danas postalo interaktivni, nelinearni proces koji uključuje znanost, tehnologiju, inženjerstvo, ali i socijalne, političke i ekonomske interakcije, koje mogu omogućiti ili potisnuti određenu inovaciju. Kao što je već prije objašnjeno, zadatak inženjerstva je primijeniti određeno znanstveno otkriće u praktične svrhe. Imajući to u vidu, potrebno je upoznati se s tri kritične putanje koje prati proces inoviranja. [9]

### 2.5.1. *Prelaženje granica*

Prvi trend koji se počeo javljati u svijetu, a koji znatno utječe na proces inoviranja, je trend prelaženja granica. On označava suradnju u pisanju znanstvenih članaka između autora koji dolaze iz različitih zemalja ili, pak, iz različitih sektora. Stoga, trend prelaženja granica možemo podijeliti na dva dijela: međunarodnu suradnju i suradnju privatnog i javnog sektora.

Međunarodna suradnja podrazumijeva suradnju u znanstvenim radovima i istraživanjima na međunarodnoj razini. Broj znanstvenih članaka nastalih suradnjom na međunarodnoj razini je u razdoblju od 1981. do 1993. godine porastao za čak 150%, dok je u istom tom razdoblju udio takvih članaka u ukupnom broju znanstvenih članaka porastao više nego dvostruko. Ovo je vrlo važan čimbenik u daljnjem razvijanju tehnologije. Slobodan protok znanja mora biti osiguran. Tok znanja, informacija i tehnologije ne bi smio stati na državnim granicama, jer upravo to uzrokuje zastoj u daljnjem razvoju tehnologije i potencijalnim inovacijama.

Druga vrsta suradnje, koja se tek nedavno počela javljati u zapaženijim količinama, označava prelaženje granica između privatnog i javnog sektora. Najveći udio u takvom obliku suradnje imaju partnerstva između sveučilišta i industrije. Ova vrsta suradnje također pokazuje veliki uzlet, te je oko 40% svih članaka objavljenih od strane istraživača u privatnom sektoru, također uključivalo i koautore s različitih sveučilišta ili državnih laboratorija. Razne studije su pokazale da je veza između ove vrste suradnje i inovativne sposobnosti zemlje vrlo čvrsta.



### 2.5.2. Pojava složenih tehnologija

Druga neizbježna putanja koju slijedi razvoj tehnologije je pojava sve složenijih tehnologija. Studije su pokazale da su se komercijalno uspješne tehnologije promijenile u proteklih dvadesetak godina, i to na način da su postale mnogo složenije. Kash i Rycroft su proveli istraživanje na 30 najvećih izvoza svjetskog tržišta 1970. i 1994. godine. [10] Te su proizvode podijelili prema njihovoj složenosti, te prema složenosti proizvodnog procesa kojima se izrađuju. Udio pojedinih proizvoda u ukupnom izvozu je prikazan u tablici 2.1.

Tablica 2.1. Udio jednostavnih i složenih proizvoda na svjetskom tržištu [10]

PROIZVOD	PROCES			
	JEDNOSTAVAN		SLOŽEN	
	1970.	1994.	1970.	1994.
JEDNOSTAVAN	58%	8%	12%	25%
SLOŽEN	0%	0%	31%	59%

Rezultati koje su dobili otkrivaju zapanjujuće činjenice. U samo 24 godine, od 1970. do 1994. godine, udio jednostavnih proizvoda dobivenih jednostavnim procesima je sa 60%, tj. velike većine, pao na samo 8%, tj. vrlo mali udio ukupnog svjetskog izvoza. S druge strane, udio proizvoda dobivenih složenim procesima je porastao dvostruko. Jednostavni proizvodi dobiveni složenim procesima su porasli s udjela od 12% na udio od 25%, dok su složeni proizvodi 1994. zauzeli daleko najveći dio udjela tržišta – čak 59%. Među promatranim proizvodima nije bilo složenih proizvoda dobivenih jednostavnim procesima, što je i logično, budući da složeni proizvod sam po sebi zahtijeva složene procese za izradu.

Prateći taj trend, očito je da budućnost tehnologije leži u složenosti, kako proizvoda, tako i proizvodnih procesa potrebnih za njihovu izradu. One zemlje i ona poduzeća, koja budu ulagala u različite tehnologije, koja će poticati istraživanja u različitim područjima, koja će spajati znanja iz svih grana znanosti, imati će prednost i igrati glavnu ulogu na svjetskom tržištu. Oni će diktirati smjer u kojem će se dalje razvijati tehnologija, te će se lakše prilagođavati potrebama i zahtjevima kupaca. Većina današnjih proizvoda je nastala sintezom više jednostavnijih tehnologija kako bi se zadovoljile različite potrebe različitih kupaca na različitim tržištima. Automobili, računala, mobiteli, sve tu to primjeri tehnologija koje u sebi sadrže mnogo različitih jednostavnijih tehnologija, kako bi zadovoljili više korisnikovih potreba i želja u samo jednom proizvodu, tj. jednoj složenoj tehnologiji.

### **2.5.3. Distribuiranje znanja**

U ovom poglavlju je već zaključeno kako je razdoblje u kojem se nalazimo nazvano erom znanja. Najveći čimbenik koji je tome doprinijeo je, dakako, razvoj interneta. Putem interneta se informacije šire brzinom koja je bila nezamisliva u prijašnjim desetljećima. Svaki korisnik interneta, bilo gdje u svijetu, ima potpunu dostupnost svih informacija koje se nalaze na internetu u tom trenutku. Količina informacija dostupnih na internetu također se povećava nevjerojatnom brzinom.

Slijedeći korak bi trebao biti „inteligentni“ internet. Trenutno internet povezuje ljude diljem svijeta i pruža im pristup informacijama, gdje god se nalazili. Međutim, potencijalna mogućnost je korištenje interneta za povezivanje ljudi i strojeva, koji bi na taj način mogli surađivati. Inteligentni strojevi i internet, koji ih povezuje s ljudima, mogli bi biti slijedeće veliko otkriće koje će ponovno ubrzati razvoj tehnologije i donijeti nova znanja i otkrića, te prostor za nove inovacije i tehnologije. Međutim, potrebno je biti vrlo oprezan pri distribuiranju znanja. Od iznimne je važnosti unaprijed definirati dugoročne ciljeve te metode ostvarivanja tih ciljeva, koji mogu biti od velike, kako tehnološke, tako i socijalne, važnosti. Nemoguće je unaprijed predvidjeti u kojem točno smjeru će se razvijati nove tehnologije, te kakva otkrića i inovacije će se pojaviti u budućnosti.

### 3. STANJE AUTOINDUSTRIJE U EUROPI I SVIJETU

Pojam automobilska industrija (ili kraće: autoindustrija) obuhvaća širok spektar poduzeća i organizacija koja se bave konstruiranjem, razvojem, proizvodnjom, marketingom i prodajom motornih vozila, motocikala i mopeda, kao i većine dijelova za vozila, osim guma, akumulatora i goriva. U taj pojam se obično ne uključuju i poduzeća koja se bave pružanjem usluga održavanja vozila, kao što su automehaničarski servisi ili benzinske postaje.

Autoindustrija je oduvijek bila strateška grana industrije i ključni faktor ubrzanja razvoja gospodarstva i ekonomskog rasta države. Također, ulaganjem u istraživanje i razvoj, uvelike utječe na razvoj novih tehnologija, poticanjem novih izuma i inovacija. Budući da su današnja motorna vozila spoj znanja i proizvoda iz mnogo različitih grana znanstvene djelatnosti, automobilska industrija potiče razvoj svake od tih znanosti.

#### 3.1. KRATKA POVIJEST AUTOINDUSTRIJE

Iako neki povjesničari spominju primjere prvih vozila, koja nisu bila pokretana od strane životinja ili ljudi, već oko 1600. godine, smatra se da je početna točka razvoja automobila bio izum prvog motora s unutarnjim izgaranjem pogonjenog benzinom 1876. godine. Prvi automobil za praktičnu upotrebu konstruirao je 1885. godine Karl Benz u Mannheimu [11], te je 1886. godine počela njegova proizvodnja. Automobil se zvao Motorwagen, imao je tri kotača, ali je kroz kasnija rekonstruiranja dobio i četvrti kotač, kao i rezervoar i zadnje kočnice. U početku su se automobili slabo prodavali, jer su bili vrlo skupi, te je vrijeme od narudžbe do isporuke bilo predugo.

Napretkom tehnologije, uvođenjem nekih novih inovacija u automobile (npr. upravljača i papučice gasa), počeo je ubrzani rast autoindustrije, pogotovo u Sjedinjenim Američkim Državama. 1908. godine Ford Motor Company je proziveo Model T (prikazan na slici 3.1.), prvi automobil namijenjen prosječnoj obitelji, što je uvelike povećalo tržište automobila. To vozilo je postalo još popularnije uvođenjem proizvodne linije 1913. godine, što je dodatno ubrzalo i pojednostavilo njegovu proizvodnju, omogućivši niže cijene, kako proizvodnje, tako i prodajne cijene. Također, 1908. godine osnovan je i konkurentski proizvođač automobila, General Motors. Usporedno s razvojem automobila i njihovih proizvodnih sustava, razvijala se i infrastruktura (ceste, prometni znakovi, semafori), što je također pogodovalo ubrzanom razvitku autoindustrije. Osnivanje novih proizvođača, širenje koncepta proizvodne linije, povećanje dostupnih broja modela, sve je to doprinijelo velikoj brzini povećanja broja automobila u svijetu,

a daleko najviše ih je tada bilo u Americi. Procjenjuje se da je godišnja prodaja do 1929. godine dosegla 5,3 milijuna vozila. [12]



Slika 3.1. Ford Model T [13]

1929. godine se, nakon sloma burze u SAD-u, dogodila velika gospodarska kriza, koja je negativno utjecala na prodaju automobila u svijetu. Mnogo malih proizvođača je propalo, dok su preživjeli oni veliki. Primjetna je bila razlika između Europe, gdje su kupci preferirali manje i jeftinije automobile, i SAD-a, gdje su popularnija bila veća i luksuznija vozila. GM je nadjačao Ford, ponajviše zbog svoje proizvodne strategije proizvodnje više različitih modela, što se pokazalo uspješnijim od Fordove koncentracije na jedan model. Također, počeli su se stvarati prvi sindikati radnika u autoindustriji.

Drugi svjetski rat je također snažno utjecao na autoindustriju. Proizvodnja automobila za građanstvo je bila zaustavljena, a svi proizvođači su bili preusmjereni u vojne svrhe. Nakon rata su se neke države (pogotovo Japan) našle u kritičnom stanju, iz kojeg su se uspješno izvukle razvojem novih proizvodnih strategija, kao što je Just in time (JIT) proizvodnja, koja je uvelike smanjila troškove prijevoza, zaliha i skladišta. Rat je pogodovao tehnologiji, tako što je poticao brojna tehnološka otkrića, koja su se potom pozitivno odrazila i na autoindustriju. Mreža autocesta je doživjela snažan rast i razvoj 50-ih godina prošlog stoljeća. Vozila su unaprijeđena brojnim novim inovacijama, višim omjerima kompresije, novim dizajnima, povećanom sigurnošću, prednjim pojasevima, udobnošću, ventilacijom i sl. Također, strateška orijentacija država je bila usmjerena na poticanje osobnog, umjesto javnog prijevoza. To je sve utjecalo na ponovni procvat automobilske tržišta.

Naftna kriza 70-ih godina je u dva navrata donijela značajno povećanje cijena nafte. To je sve utjecalo novo poboljšanje automobila, poglavito u potrošnji goriva i ispušnim plinovima. Razvijeni su prvi katalički konverteri, te su vozila postala znatno štedljivija u potrošnji goriva. Japanska vozila, koja su imala vrlo malo potrošnju goriva, se počinju probijati na američko tržište. Proširenje tržišta automobila je najviše potaknuto globalizacijom, koja je obilježila 80. godine prošlog stoljeća. Neke, dotad slabije razvijene zemlje, ulaze u sektor autoindustrije, te vrlo brzo dobivaju veliki značaj u proizvodnji automobila. Razvijene zemlje gube utrku sa zemljama gdje je cijena rada, a samim time i proizvodnje, puno manja (npr. Kina i Indija). Počinju se razvijati velike međunarodne korporacije, s proizvodnjom i prodajom vozila u mnogo država.

U 21. stoljeću proizvodnja i prodaja automobila nastavila je rasti. Međutim, primjetna su dva trenda, rast cijene nafte, koja uvelike utječe na kupovnu moć tržišta, te sve veće zagađenje okoliša, koje diktira smanjenje emisije ispušnih plinova. Na tržište automobila uvelike je utjecala velika ekonomska kriza 2008. godine, rezultat koje je bio veliki pad prodaje automobila iz koje se mnogo zemalja još uvijek nije izvuklo. Tablica 3.1. pokazuje godišnju prodaju automobila u svijetu, te jasan pad prodaje 2008. i 2009. godine.

Tablica 3.1. Proizvodnja automobila u svijetu od 1997. do 2011. [14]

Godina	Proizvodnja	Promjena
1997.	54 434 000	
1998.	52 987 000	-2,7%
1999.	56 258 892	6,2%
2000.	58 374 162	3,8%
2001.	56 304 925	-3,5%
2002.	59 994 318	4,8%
2003.	60 663 225	2,8%
2004.	64 496 220	6,3%
2005.	66 482 439	3,1%
2006.	69 222 975	4,1%
2007.	73 266 061	5,8%
2008.	70 520 493	-3,7%
2009.	61 791 868	-12,4%
2010.	77 857 705	26,0%
2011.	79 989 155	3,1%

### 3.2. UTJECAJ EKONOMSKE KRIZE 2008. GODINE NA AUTOINDUSTRIJU

Velika ekonomska kriza 2008. godine se procjenjuje kao najveća ekonomska kriza od Velike gospodarske krize 1929. godine. Naravno, ona je imala i velik utjecaj na proizvodnju i prodaju automobila u cijelom svijetu, a najviše se osjetila u SAD-u. Rast cijene nafte od 2003. do 2008. godine je negativno utjecao na američke proizvođače automobila, čiji su primarni fokus bila sportska i SUV vozila, čija je potrošnja goriva vrlo velika. Konstantan rast cijene nafte je utjecao na smanjenu popularnost tih vozila, što je dovelo proizvođače automobila u probleme, prisiljavajući ih da pažnju pridaju manjim gradskim vozilima te vozilima s alternativnim pogonima, koja im ne donose profit kao što ga donose sportska i SUV vozila. Također, europski i japanski proizvođači su počeli imati sve veći utjecaj zbog svoje proizvodnje manjih i ekološki prihvatljivijih vozila, što je dovelo do velikih gubitaka američkih proizvođača.

Međutim, ekonomska kriza 2008. godine je imala još veći učinak na autoindustriju, kako u Americi, tako i u ostatku svijeta. Što se tiče japanskih proizvođača, Toyota je 2008. godine objavila prvi neto gubitak u svojim 70 godina postojanja. Gubitak je iznosio 1,7 milijardi dolara. [15] Svi vodeći japanski proizvođači automobila, Honda, Nissan, Suzuki, Subaru, su pretrpili velike gubitke, te su najavili velike rezove. Primjerice, Honda se povukla iz utrka Formule 1, a ostali su napravili velike rezove u proizvodnji i otpustili mnogo radnika.

Za razliku od japanskih proizvođača, južnokorejski proizvođači su se izvrsno snašli u krizi, te uvelike povećali svoj udio na svjetskom tržištu automobila. Budući da su to proizvođači s prosječno nižom cijenom automobila, oni su ugrabili veliki dio kolača od skupljih proizvođača te povećali svoje prihode. Proširili svoju prodaju u cijelome svijetu, te otvorili nove tvornice u Slovačkoj, SAD-u i Kini. Kia Cee'd je tako, primjerice, konstruirana i razvijena u Njemačkoj, a proizvodi se u Slovačkoj. Hyundai je ponudio svim kupcima, koji su izgubili posao u krizi, da vrate svoje novokupljeno vozilo i dobiju povrat novca. Tijekom četvrtog kvartala 2008. i prvog kvartala 2009. godine, razdoblja najveće krize u svijetu, iznimno slaba južnokorejska valuta won je, naspram američkog dolara i japanskog yena, povećala konkurentnost južnokorejskih proizvoda na ključnim tržištima. Sve je to utjecalo na veliki rast popularnosti tih brandova. Hyundaijev brend je 2008. godine porastao za 9%, prešavši time Porsche i Ferrari.

U Europi je zabilježen veliki pad prodaje motornih vozila. Francuski koncern PSA Peugeot Citroen je predvidio pad prodaje za 10% 2009. godine, što je rezultirao otpuštanjem 11 000 ljudi u cijelome svijetu. Renault, drugi francuski proizvođač, je bio jedan od rijetkih koji je ipak ostvario profit. Međutim, 599 milijuna eura profita 2008. godine je značilo 78%-tni pad naspram 2007. godine. Fiat je, pak, zabilježio pad dobiti od 19%. Rusija je doživjela pad

proizvodnje s 1 470 000 automobila 2008. godine na samo 597 000 automobila 2009. godine. Premijer Vladimir Putin je uveo neke mjere za spas autoindustrije u Rusiji. To je, prvenstveno, uključivalo 5 milijardi dolara, od kojih bi 2 milijarde dobili proizvođači automobila, a 3 milijarde bi bile namijenjene kao poticaji za kupnju automobila proizvedenih u Rusiji. Također, uvedena je carina za sve uvezene automobile (50%, odnosno 100%), što je rezultiralo velikim prosvjedima, jer je uvoz japanskih automobila bio vrlo važan sektor ekonomije ruskih gradova. [15]

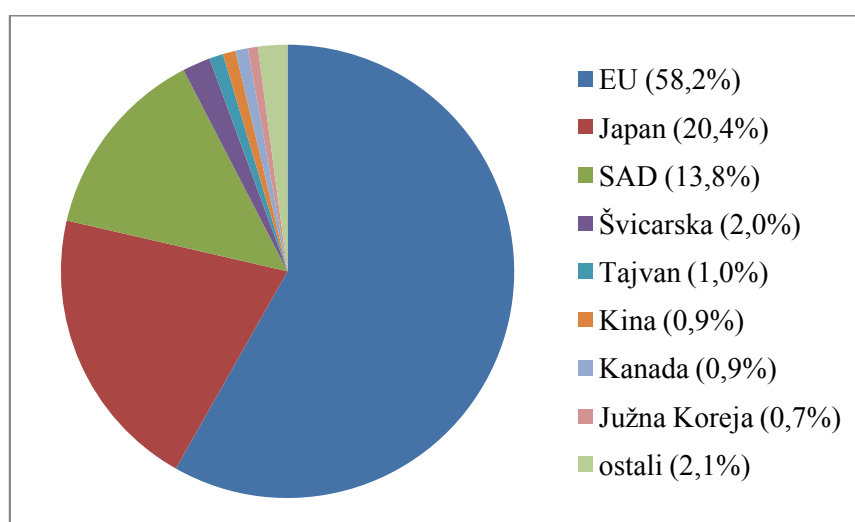
Španjolski proizvođač SEAT je također smanjio proizvodnju za 5%, što je rezultiralo otpuštanjem 650 radnika u tvornici Martorell blizu Barcelone. Švedski proizvođači, Volvo i Saab, su zatražili od švedske vlade pomoć zbog velikih gubitaka uzrokovanih financijskim poteškoćama njihovih američkih vlasnika, Forda i GM-a. Švedska vlada je reagirala s 3,5 milijarde dolara poticaja za spas tih proizvođača. Čak 140 000 Šveđana je zaposleno u automobilskoj industriji, te ona zauzima udio od 15% ukupnog švedskog izvoza. Velike gubitke je zabilježilo i Ujedinjeno Kraljevstvo, u kojoj se nalazi mnogo tvornica stranih proizvođača automobila. Nissan UK je, primjerice, najavio otpuštanje 1200 radnika iz svoje tvornice. Vlada Ujedinjenog kraljevstva je, stoga, davala poticaje u iznosu od čak 2000 funti za kupnju novog automobila.

### 3.3. AUTOINDUSTRIJA U EUROPI

ACEA (Association des Constructeurs Européens d'Automobiles) je kratica Europskog udruženja proizvođača automobila sa sjedištem u Bruxellesu. Osnovana je 1991. godine i trenutno se sastoji 16 članica s ukupno 210 proizvodnih pogona u 22 europske zemlje. Godišnji promet članica ACEA-e je iznad 500 milijardi eura, s oko 75 milijardi eura vrijednosti izvezenih automobila, što čini ACEA-u vodećim izvoznikom u Europskoj uniji. Automobilska industrija u Europi izravno zapošljava 2 milijuna ljudi, te još 10 milijuna je zaposleno u sektorima izravno povezanim s proizvodnjom automobila. Prosječna proizvodnja automobila u Europi u zadnjih 5 godina je 17 milijuna vozila godišnje, što je 24% ukupne svjetske proizvodnje, što čini Europu najvećim svjetskim proizvođačem automobila. [16]

Međutim, ono što čini autoindustriju još važnijom za tehnološki i ekonomski razvoj, osim izravne dobiti od proizvodnje i prodaje automobila, je njeno ulaganje u istraživanje i razvoj. Automobili su vrlo složeni proizvodi, tj. sinteza više različitih jednostavnijih proizvoda i tehnologija. Ulaganje u razvoj automobila znači ulaganje u razvoj svake od tih tehnologija, što se, posljedično, odražava i na ostale tehnologije koje dijele neke sličnosti i poveznice s automobilima. ACEA godišnje ulaže 5% svog prometa u istraživanje i razvoj, što ukupno iznosi

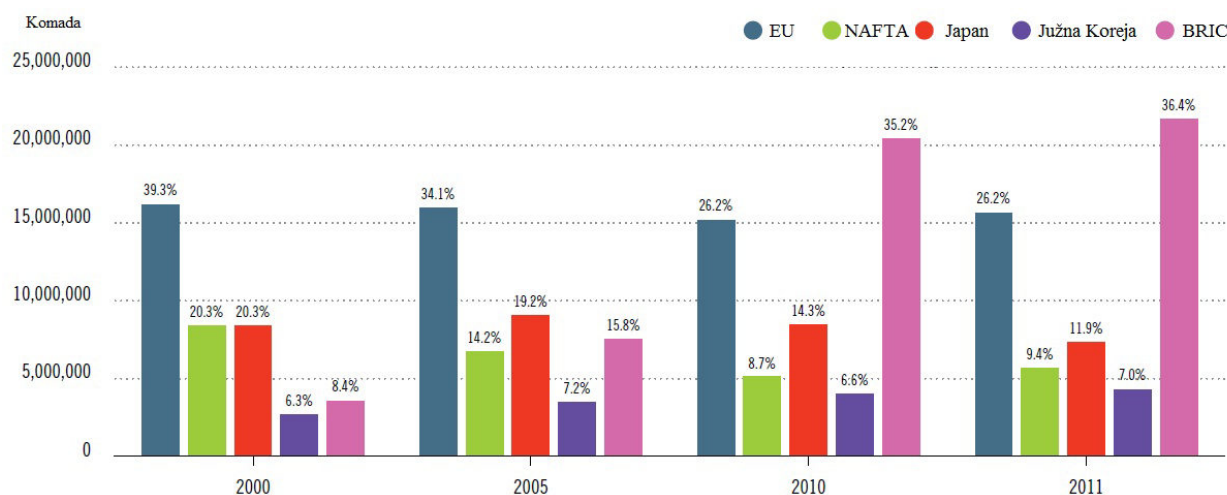
više od 26 milijardi eura. To ju čini najvećim privatnim ulagačem u taj sektor u Europi. Kada se tome pribroje ulaganja i ostalih poduzeća izravno povezanim s proizvodnjom automobila, kao što su, primjerice, proizvođači dijelova i sl., taj iznos još više raste. Usporedbe radi, farmaceutska industrija godišnje u taj sektor ulaže oko 20 milijardi eura, dok telekomunikacijska industrija ulaže oko 12 milijardi eura. To najbolje pokazuje važnost daljnjeg razvitka autoindustrije, kako u Europi, tako i u cijelome svijetu. Slika 3.2. najbolje pokazuje rezultate tog ulaganja, tj. veliku premoć Europe u zahtjevima za patente u 2011. godini. Očito je da je više od polovice zahtjeva za novim patentima u autoindustriji prijavljeno u Europi, što je izravna posljedica velikih ulaganja upravo u sektor istraživanja i razvoja, te poticanja kreativnosti, inovacija i konstantnog poboljšavanja automobila i njihove proizvodnje.



Slika 3.2. Udio u zahtjevima za patente u autoindustriji [16]

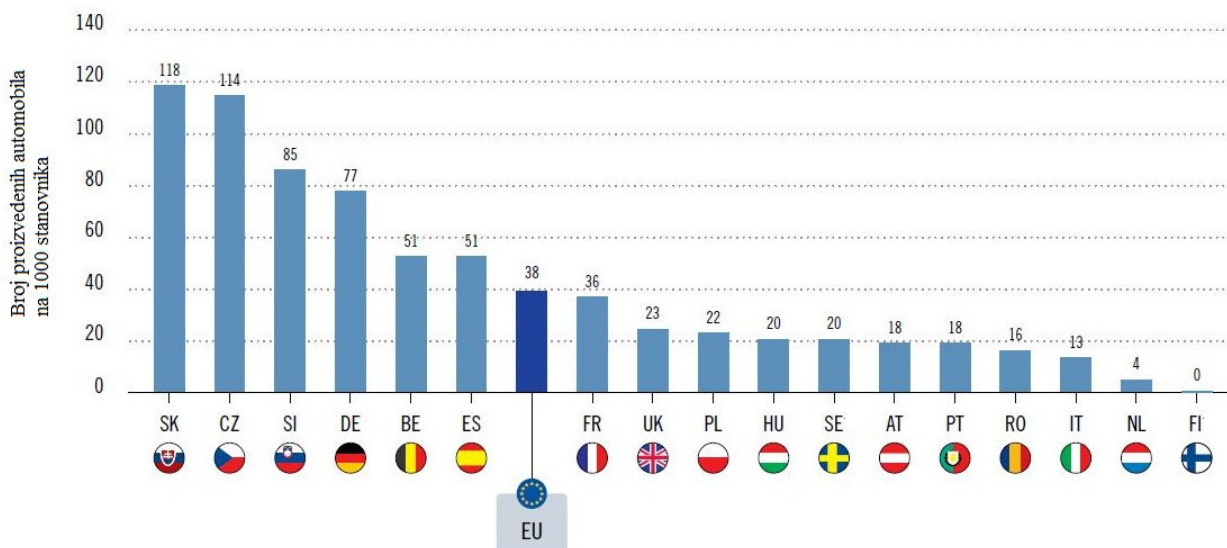
EU je također bila vodeći svjetski proizvođač automobila sve do 2010. godine, kada su to postale državne nazvane zemljama BRIC-a. Njima se smatraju Brazil, Rusija, Indija i Kina. Taj snažni rast proizvodnje automobila (a shodno tome i tehnološki razvitak i ekonomski rast) zemalja BRIC-a je najbolje prikazan na slici 3.3. Na njoj vidimo kako je EU bila daleko najveći proizvođač automobila, s udjelom u proizvodnji automobila od više od jedne trećine. Zadnjih godina je doživjela blagi pad, te trenutno zauzima malo više od četvrtine svjetske proizvodnje automobila. Najveći pad u 21. stoljeću su doživjele zemlje potpisnice NAFTA sporazuma (SAD, Kanada, Meksiko), s 20,3% 2000. godine na 9,4% 2011. godine. Trenutno najveći udio zauzimaju zemlje BRIC-a, čak 36,4%. Daleko najveći udio u zemljama BRIC-a uvjerljivo drži Kina, s konstantnim rastom broja proizvedenih automobila u posljednjih 10 godina.





Slika 3.3. Proizvodnja automobila u svijetu [16]

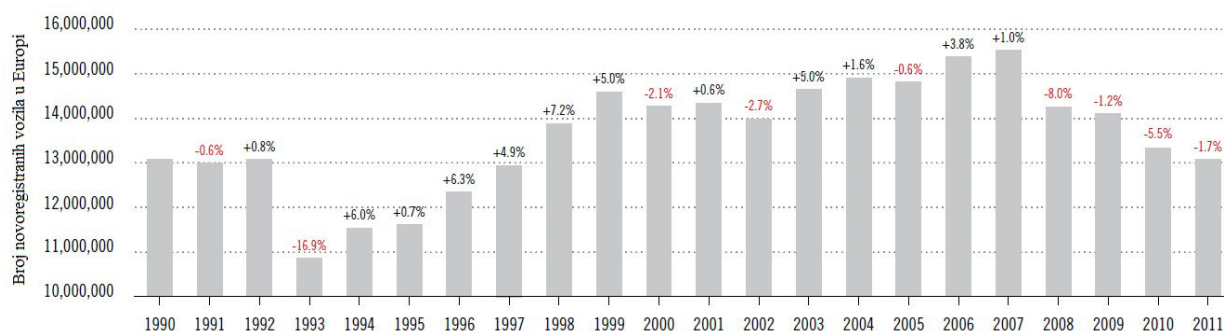
Na slici 3.4. prikazan je broj proizvedenih automobila na 1000 stanovnika po svakoj zemlji članici Europske unije.



Slika 3.4. Proizvodnja automobila u Europi (po državama) [16]

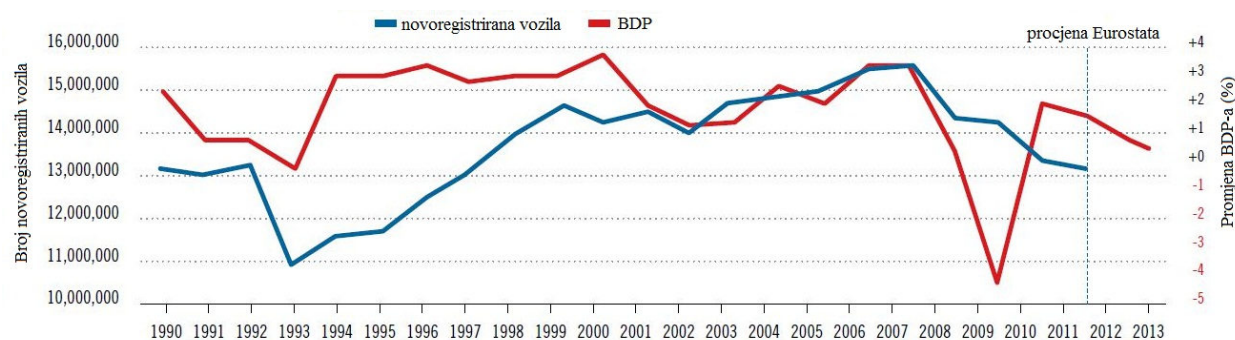
Vidljivo je da je prosjek Europske unije 38 proizvedenih automobila na 1000 stanovnika. 4 države znatno odskoču od tog prosjeka. To su u, u prvom redu, Slovačka i Češka, potom Slovenija, te, naravno, najveći europski proizvođač automobila – Njemačka. Razlog zbog kojeg prve tri države toliko odskoču od prosjeka je, naravno, njih relativno malen broj stanovnika, što drastično povećava omjer broja proizvedenih automobila na 1000 stanovnika. Stvarno stanje je takvo da Slovenija ima samo jednu tvornicu, koja je 2012. godine proizvela 174 119 vozila, a Slovačka dvije tvornice s 639 763 proizvedenih vozila. Češka ima 6 tvornica, te je 2012. godine proizvela nešto više od milijun vozila, što ju, po stvarnom broju proizvedenih vozila, stavlja na 5. mjesto u Europi. Daleko najviše proizvedenih automobila ima Njemačka – više od 6 milijuna. Više od milijun proizvedenih vozila još imaju Španjolska, Francuska i Ujedinjeno Kraljevstvo.

Posljednji aspekt stanja autoindustrije u Europi (u usporedbi s proizvodnjom automobila u svijetu) je broj novoregistriranih vozila od 1990. do 2011. godine. Nakon velikog pada broja novih registracija 1993. godine, uslijedio je konstantan rast s povremenim, ali neznatnim, padovima. Sve do 2008. godine je taj broj rastao, da bi te godine uslijedio drastičan pad, od kojeg se Europa još nije oporavila, te je nastavila nizati pad za padom, da bi 2011. godine broj novoregistriranih vozila dosegao razinu iz 1990-1992. godine. Kretanje te brojke najbolje predočava slika 3.5.



Slika 3.5. Broj novoregistriranih vozila u Europi od 1990. do 2011. godine [16]

Naravno, najveći uzrok padu broja novoregistriranih vozila je velika ekonomska kriza koja je zahvatila Europu. Najbolji pokazatelj krize je postotni pad BDP-a. Stoga bi najbolje bilo usporediti ta dva broja, te vidjeti kako je pad BDP-a utjecao na pad broja novoregistriranih vozila u Europi. Upravo to prikazuje slika 3.6.



Slika 3.6. Usporedba novoregistriranih vozila i BDP-a u Europi [16]

Iz slike je očito kako je nagli pad BDP-a automatski značio i pad u broju novoregistriranih vozila. To je smanjilo kupovnu moć građana i odbilo ih od kupnje automobila, a mnoge je usmjerilo i prema kupnji rabljenih automobila. Međutim, vidimo kako rast BDP-a od sredine 2009. do sredine 2011. godine nije uzrokovao i povećanje broja novoregistriranih vozila, već je samo usporio njegov pad. Eurostatova procjena je da će BDP ponovo pasti, što ne donosi dobre vijesti proizvođačima automobila, koji će se morati suočiti s daljnjim padom u broju prodanih i novoregistriranih vozila.

Iz svega ovoga se može zaključiti kako je Europa i dalje vrlo jaka u proizvodnji automobila, ali se treba suočiti s činjenicom da njen utjecaj polako pada snažnim i ubrzanim razvitkom nekih novih velesila na automobilskom tržištu, u prvom redu Kine. Proces transfera tehnologije sve više uključuje novorazvijene tehnologije u proces proizvodnje automobila, te njihov udio u ukupnoj svjetskoj proizvodnji automobila sve više raste. Također, njihova velika prednost je i jeftina radna snaga, što uvelike smanjuje cijenu proizvodnje, a samim time i prodajnu cijenu automobila. Ono što će odigrati najveću ulogu u borbi za prevlast je ulaganje u istraživanje i razvoj i stvaranje inovacija.

### **3.4. ZAHTJEVI KOJI SE POSTAVLJAJU PRED PROIZVOĐAČE AUTOMOBILA**

Današnji proizvođači automobila su suočeni sa sve više zahtjeva i kriterija koji se pred njih postavljaju. Te kriterije u jednoj mjeri diktiraju tržište i potrebe kupaca, ali isto tako u velikoj mjeri je tu i pravna regulativa koja postavlja određene zakonske okvire za proizvodnju novih automobila. To se prvenstveno odnosi na efekt globalnog zatopljanje uzrokovanog ljudskim utjecajem, te su potrebni nužni i hitni potezi kako bi se na vrijeme spriječile moguće katastrofalne posljedice po cijeli svijet. Također, vječna neizvjesnost na tržištu nafte ima veliki utjecaj na kupce i proizvođače automobila, zahtijevajući postupno smanjenje potrošnje goriva automobila i potencijalni prelazak na alternativne izvore energije. U ovom poglavlju biti će navedena tri zahtjeva s kojima su proizvođači danas suočeni u konstruiranju i proizvodnji novih vozila.

#### **3.4.1. Smanjenje emisije ugljičnog dioksida**

Ispušni plinovi kod vozila pokretanih motorima s unutarnjim izgaranjem su rezultat nepotpunog procesa izgaranja. Najveći udio u ispušnim plinovima ima dušik (kao i u atmosferskom zraku), a, kao posljedica procesa izgaranja, još se sastoje od vodene pare i ugljičnog dioksida. Upravo ugljični dioksid spada u grupu stakleničkih plinova. Staklenički plinovi su oni plinovi koji imaju sposobnost upijanja Sunčevih zraka i njihovog emitiranja. Povećanje udjela ugljičnog dioksida u Zemljinoj atmosferi stvara tzv. efekt staklenika, čija je izravna posljedica postupno povećanje Zemljine temperature. Stoga je smanjenje emisije ispušnih plinova postalo prioritet u budućoj proizvodnji automobila, te su time vođene i mnoge zakonske regulative i smjernice posljednjih 15-ak godina.

Najznačajniji sporazum na međunarodnoj razini, koji se tiče ove problematike, je svakako Protokol iz Kyota, donesen 1997. godine. [17] On je donio prve konkretne mjere koje se tiču smanjenja emisije CO<sub>2</sub> u atmosferu. Za razdoblje od 2008. do 2012. godine određeno je smanjenje emisije u prosječnom iznosu od 5% u odnosu na baznu 1990. godinu. Republika

Hrvatska je ratificirala taj protokol 2007. godine, obvezavši se, također, smanjiti emisiju za 5% do 2012. godine. Iako se često automobile smatra najvećim krivcem za emisiju stakleničkih plinova, pogotovo ugljičnog dioksida, istina je malo drugačija. Automobili u ukupnoj emisiji CO<sub>2</sub> u svijetu sudjeluju samo s 12%. Međutim, iako to nije veliki udio, autoindustrija je prihvatila svoju odgovornost u pokušaju svođenja emisije štetnih plinova na što je moguće manje razine.

U prosincu 2008. godine, Europski parlament je donio novu uredbu za smanjivanje emisije CO<sub>2</sub> za osobna vozila. To je dosad najzahtjevnija zakonska odrednica s kojom se autoindustrija ikada susrela. Ona zahtijeva smanjenje emisije CO<sub>2</sub> na prosječnu količinu od 135 g/km. Ovo su neke od ključnih odrednica te uredbe: [18]

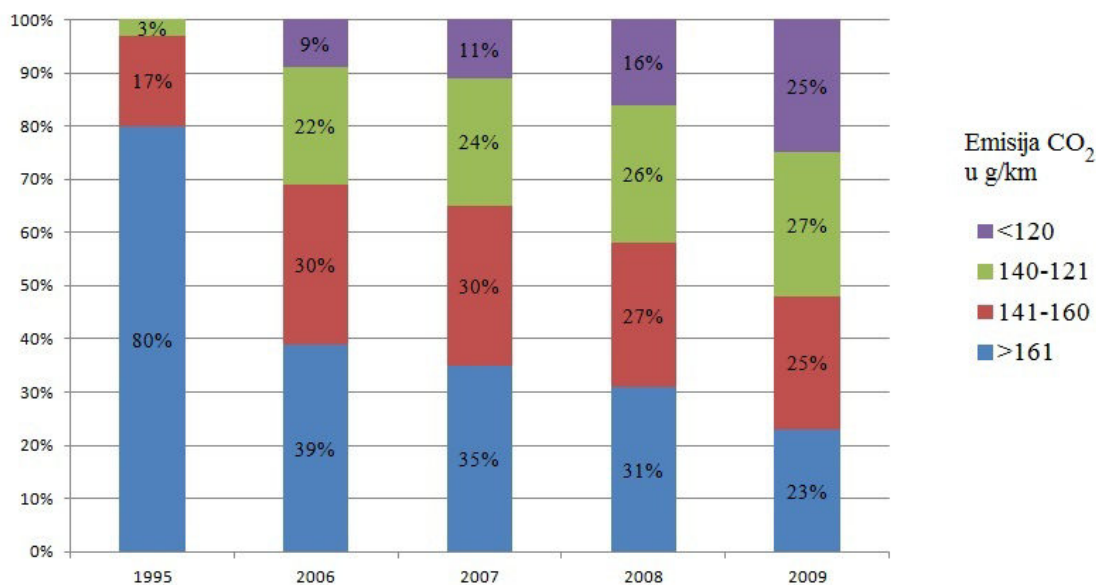
- smanjenje prosječne emisije CO<sub>2</sub> novih vozila na 120 g/km, i to slijedećom dinamikom: 65% novih vozila mora zadovoljavati te kriterije do 2012., 75% do 2013., 80% do 2014. i 100% do 2015. godine
- posebne novčane potpore će se davati za vozila s emisijom manjom od 50 g/km
- novčane kazne će se plaćati za ona vozila koja prelaze zadana ograničenja
- do 2012. godine cilj je postići prosječne emisije od 95 g/km

Što se tiče Republike Hrvatske, osim ratificiranja protokola iz Kyota, donesena je i Strategija energetskog razvoja RH za razdoblje do 2020. godine [19] u kojoj se, između ostalog, postavljaju ciljevi i aktivnosti za svaki pojedini sektor, poput industrije, prometa, kućanstava itd. U kontekstu prometa najvažnije odrednice su:

- propisivanje strožih standarda za nova vozila, dozvoljavajući uvoz i prodaju samo energetski najučinkovitijih vozila koja zadovoljavaju regulativu EU
- informiranje vozača o energetski učinkovitom ponašanju u prometu (učinkoviti načini vožnje, korištenje alternativnih oblika prijevoza)
- uspostavljanje učinkovitijih prometnih sustava
- poticanje projekata čistijeg prometa i kupovanja učinkovitijih vozila
- poticanje primjene vozila s CO<sub>2</sub> emisijama ispod 120 g/km, kao i električnih i hibridnih vozila

Također je ove godine donesen novi Zakon o posebnom porezu na motorna vozila [20], koji će se početi primjenjivati od 1. srpnja 2013. godine. Tim zakonom bi vozila s emisijom CO<sub>2</sub> ispod 120 g/km pojeftinila, ona od 120-130 g/km ne bi mijenjala cijenu, a vozila iznad 130 g/km (pogotovo snažnija i veća vozila) bi poskupila.

Kako bi se sve ove zakonske mjere i odredbe stavilo u realne okvire, potrebno je analizirati stvarne trendove koji se tiču emisije CO<sub>2</sub> posljednjih godina. Slika 3.7. prikazuje kretanje emisije ispušnih plinova od 1995. do 2009. godine.



Slika 3.7. Emisija CO<sub>2</sub> od 1995. do 2009. godine [21]

Na slici je očit drastičan pad emisije štetnih plinova. Najlakše je uočiti smanjenje udjela vozila s emisijom većom od 161 g/km, s 80% 1995. godine na samo 23% 2009. godine. Također, vidljivo je kako 1995. godine nije bilo vozila s emisijom ispod 120 g/km, dok su 2009. godine ta vozila zauzela čak četvrtinu udjela. Također, zaustavljen je rastući trend vozila s emisijom između 141 i 160 g/km, što se danas smatra prilično visokom emisijom.

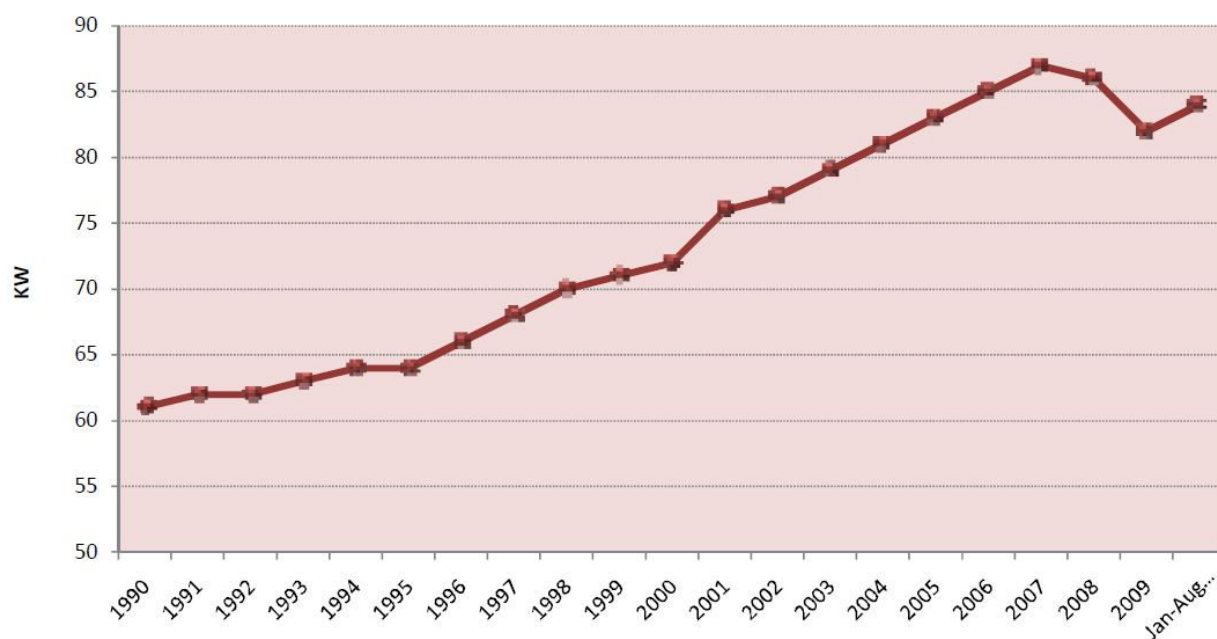
Prosječna emisija 2011. godine je iznosila 135,7 g/km, što je smanjenje od 15% u usporedbi sa 160 g/km 2007. godine. [22] Iz ovih brojki i trendova da se zaključiti da je smanjenje emisije CO<sub>2</sub> itekako moguće, ukoliko svi, od vozača do proizvođača automobila, preuzmu odgovornost i učine sve potrebne korake kako bi se ta emisija još dodatno smanjila. Potrebna su velika ulaganja u istraživanje i razvoj, kako bi se potaknule inovacije koje će doprinijeti ekološki prihvatljivijim vozilima. Čak 4 milijarde eura godišnje autoindustrija u Europi ulaže u Fond za čistiji prijevoz. Međutim, ako se uzme u obzir da se ukupno u istraživanje i razvoj ulaže čak 5 puta toliko, očito je da taj iznos nije dostatan za još učinkovitije rješavanje problema stakleničkih plinova. Potrebno je sve više ulagati i poticati kupnju vozila na električni ili hibridni pogon, jer elektromotori imaju emisiju CO<sub>2</sub> od 0 g/km, te mogu znatno utjecati na smanjenje emisije štetnih plinova.

### 3.4.2. Povećanje učinkovitosti motora

Nafta nije neograničeni izvor energije, te nećemo vječno moći ovisiti o njoj. Također, kretanje cijene nafte kroz povijest je znalo biti prilično nestabilno, te je iznenadni rast cijene nafte znao izazvati velike krize za cijelu autoindustriju. Stoga je, od samog početka razvoja motora s unutarnjim izgaranjem, najveći izazov bio poboljšanje njegove učinkovitosti, kako bi uz manju količinu goriva davao više snage i/ili prevaljivao veći put. Usprkos konstantnom razvoju motora s unutarnjim izgaranjem, njegova učinkovitost danas ne prelazi 30-35%, što je vrlo neučinkovit proces. Proizvođači danas ulažu znatne resurse i napore kako bi povećali učinkovitost svojih motora i smanjili im potrošnju.

Iako se sve više proizvođača okreće razvoju hibridnih, električnih i drugih vozila na alternativni pogon, istraživanja pokazuju da će velika većina vozila još dugo vremena biti pokretana motorom s unutarnjim izgaranjem. Premda dugoročno treba planirati postupni prelazak na neke druge vrste pogona, treba posvetiti i veliku pažnju poboljšanju motora s unutarnjim izgaranjem. Također, povećanje učinkovitosti motora izravno ispunjava i neke druge zahtjeve zakonske regulative i tržišta. Primjerice, učinkovitiji motor troši manje goriva, a daje više snage. To su dva vrlo bitna kriterija kupaca pri odabiru automobila. Kupci, koji preferiraju jače i brže automobile, cijelit će povećanje učinkovitosti motora zbog boljih voznih performansi vozila, kao što su ubrzanje ili maksimalna brzina, dok će kupci, koji vole štedljivije voziti, tražiti automobile sa što manjom potrošnjom goriva. Učinkovitiji motor, trošeći manje goriva, ujedno ima i manju emisiju štetnih plinova, kako ugljičnog dioksida, tako i dušičnih oksida i drugih štetnih plinova. Jasno je, dakle, da učinkovitost motora nekog vozila uvelike utječe na ispunjavanje mnogih kriterija koje vozilo treba ispuniti, a time i na njegov plasman i uspjeh na tržištu.

Trend smanjenja emisije CO<sub>2</sub> jasno ukazuje i na smanjenje potrošnje goriva motora, tj. na trend povećanja njegove učinkovitosti. Međutim, treba imati na umu da se učinkovitost motora nije povećala istom brzinom, kojom se emisija CO<sub>2</sub> smanjivala. Razlog tomu je prilagođavanje automobila zastarjeloj mjernoj proceduri, kako bi za vrijeme testiranja radili u području najmanje potrošnje, tj. najmanje emisije CO<sub>2</sub>. Drugi važan pokazatelj učinkovitosti motora je njegova snaga. Slika 3.8. pokazuje trend kretanja prosječne snage motora u Zapadnoj Europi.



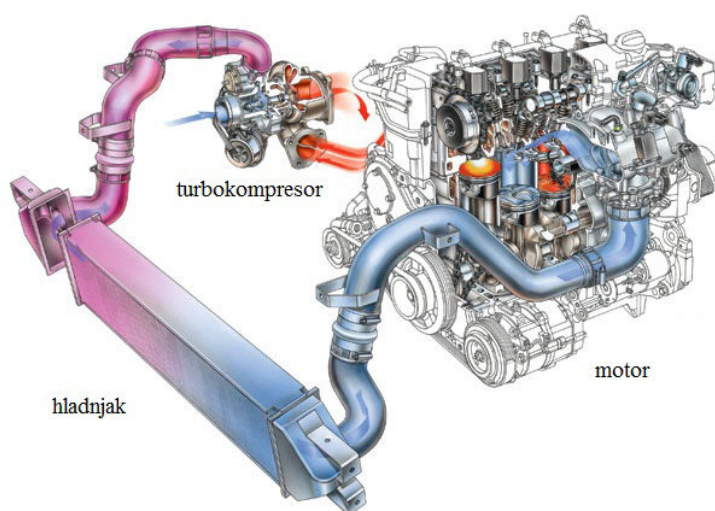
Slika 3.8. Kretanje prosječne snage novoregistriranih automobila u Zapadnoj Europi [23]

Na slici je jasno vidljiv konstantan porast prosječne snage novi automobila. Pad u razdoblju od 2007. do 2008. godine je rezultat već spomenute globalne ekonomske krize, te pada kupovne moći građana. To je rezultiralo velikim padom prodaje većih, jačih i luksuznijih automobila, pa su puno veći udio imala mala, gradska vozila s puno slabijim motorima.

Što se tiče metoda kojima proizvođači nastoje učiniti svoje motore učinkovitijima, njih je mnogo. U ovom poglavlju biti će spomenute samo neke od najznačajnijih.

Jedna od najučinkovitijih metoda povećanja učinkovitosti motora je prednabijanje zraka. [24] Njime se snaga motora povećava bez povećanja radnog volumena ili brzine vrtnje motora. Turbokompresor povećava tlak atmosferskog zraka, te time povećava količinu zraka u jednakom volumenu, što znači da u volumen cilindra stane više zraka. Međutim, stlačivanjem zraka podiže mu se temperatura, pa se taj zrak mora ohladiti u hladnjaku (eng. intercooler) prije njegovog ulaska u cilindar. To je vrlo efikasan način povećanja učinkovitosti motora, koji je u zadnje vrijeme pokrenuo trend „downsizinga“ motora. To je trend smanjenja radnog obujma motora uz povećanje snage implementiranjem sustava prednabijanja zraka pomoću turbokompresora. Prosječne uštede u potrošnji kod primjene takvih metoda je 2-12%. Prikaz primjera rada turbokompresora i hladnjaka prikazan je na slici 3.9.





Slika 3.9. Primjer rada turbokompresora [25]

Slijedeća metoda koja znatno utječe na poboljšanje procesa izgaranja goriva jest izravno ubrizgavanje goriva pod visokim tlakom. Jedan od razloga niske učinkovitosti procesa izgaranja jest taj da se mnogo čestica goriva ne pomiješa dobro sa zrakom, što rezultira nepotpunim izgaranjem i stvaranjem zaostalih krutih čestica, čađe. Povećanjem tlaka ubrizgavanja goriva, čestice raspršenog goriva su manje te je pomiješanost tih čestica goriva sa zrakom mnogo bolja. To stvara homogeniju smjesu zraka i goriva, koja rezultira potpunijim izgaranjem i, naravno, manjom emisijom štetnih plinova. Današnji tlakovi ubrizgavanja za benzinske motore iznose oko 200 bara, dok za dizelske dosežu čak i do 2000 bara. Kako bi se omogućilo ubrizgavanje goriva pod toliko visokim tlakom, potrebni su i posebni ventili, tj. brizgaljke. U početku su oni bili elektromagnetski, no, međutim, danas najbolje na zahtjeve izuzetno velike brzine, preciznosti i pouzdanosti ubrizgavanja odgovaraju piezoelektrični ventili (slika 3.10.). Oni rade na principu piezo kristala, koji posjeduju svojstvo da se pod električnim naponom njihova rešetka drukčije oblikuje i na taj način se kristal isteže ili skraćuje. Oni su znatno lakši i dvostruko brži od elektromagnetnih ventila. Implementacija ovog sustava nudi smanjenje potrošnje goriva za 3%, smanjenje emisije štetnih ispušnih plinova za 20%, te povećanje snage motora do 5%.



Slika 3.10. Primjer tipičnog piezo injektora [26]



Još jedan efikasan način povećanja učinkovitosti motora je regulacija rada ventila. To je jedan od najpoznatijih i najkorištenijih postupaka povećanja stupnja punjenja cilindra. Stupanj punjenja je omjer mase smjese zraka i goriva koja ostane u cilindru nakon zatvaranja usisnog ventila i mase smjese zraka i goriva koja bi stala u radni volumen cilindra u atmosferskim uvjetima. [24] Kod klasičnih motora bez toga sustava, vrijeme otvaranja, hod ventila i vrijeme zatvaranja su određeni samo konstrukcijom motora, tj. bregastom osovinom i razvodnim mehanizmom, te se njima ne može drugačije upravljati. Na taj način je puno teže optimirati procese u motoru, te se u sve više vozila ugrađuju mehanizmi koji omogućuju regulaciju rada ventila, kako bi motor u svakom trenutku radio što je učinkovitije moguće. Konkretno, razvodni mehanizam motora koji upravlja radom ventila će raditi uvijek s istim parametrima pri određenoj brzini vrtnje motora. Međutim, nije uvijek jednaka snaga potrebna na istom broju okretaja motora. Ona je najveća pri ubrzanju, manja pri održavanju stalne brzine, te potpuno nepotrebna pri usporavanju. Neki proizvođači su čak uveli i sustav isključivanja pojedinih cilindara pri manjim opterećenjima motora. Sustav radi tako da, u područjima rada gdje nije potrebna puna snaga motora, uopće ne otvara ventile pojedinih cilindara i tako onemogućuje ulazak zraka u njih, štedeći pritom gorivo.

Ovo su samo neke od najučinkovitijih metoda konstruiranja što efikasnijih motora. U petom poglavlju ovog rada su detaljnije obrađene neke inovacije kojima je Mazda povećala učinkovitost svojih motora, povećanjem kompresije u benzinskim, te njenim smanjenjem u dizelskim motorima.

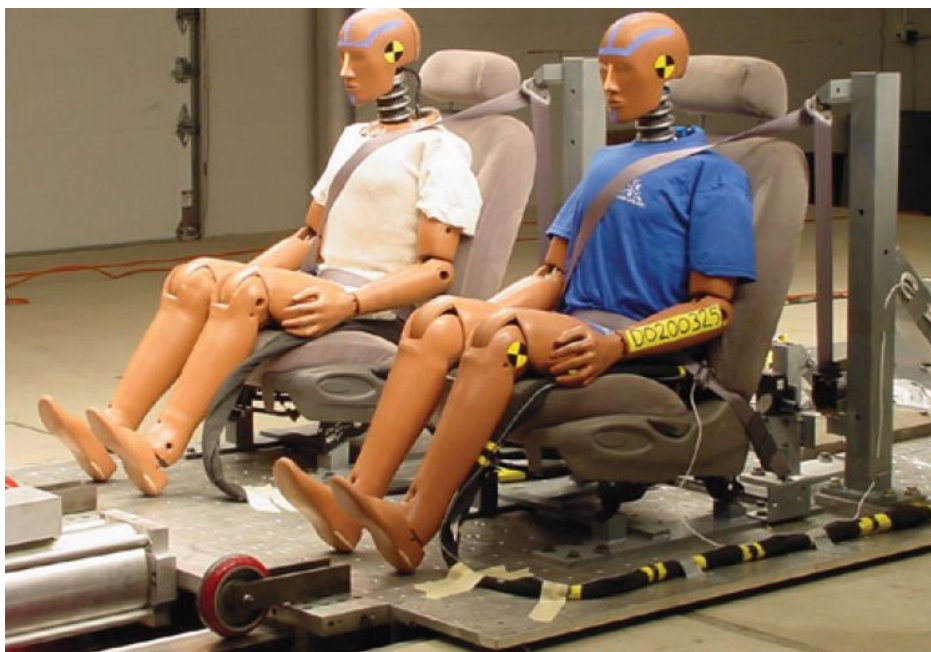
### ***3.4.3. Povećanje sigurnosti***

Pod pojmom sigurnosti u vožnji misli se na široki spektar elektroničkih sustava sigurnosti, pomoći pri stabilizaciji automobila, naglom kočenju, umoru vozača, sustave zračnih jastuka, ali i na samu konstrukciju automobila i njenu sposobnost da apsorbira energiju nastalu sudarom. U sudaru dvaju automobila, ili jednog automobila u pomičnu ili nepomičnu prepreku, udarena vozila moraju upiti određenu količinu energije. Umjesto da se upijanje energije širi cijelom površinom vozila, za to su zaduženi posebni dijelovi karoserije, tzv. zone „gužvanja“ koje izričito služe za apsorpiranje što je veće moguće količine energije, kako bi što manje te energije prešlo na putnički kavez i ugrozilo putnike. Naravno, nisu svi proizvođači jednako učinkoviti u proizvodnji čvrstih, krutih i sigurnih karoserija. Iz tog je razloga bilo potrebno razviti sustav koji će ocjenjivati automobile različitih proizvođača po pitanju sigurnosti, kako bi potencijalni kupci imali adekvatan i objektivan uvid u sigurnost vozila koje ih zanima.

The National Highway Traffic Safety Administration (Uprava za državnu sigurnost na cestama) je institucija utemeljena 1970. godine u SAD-u. [27] S prvim konkretnim testiranjima vozila je počela 1979. godine. Ta su testiranja u početku bila samo testiranja na frontalne udare, da bi s godinama se broj testova povećao, te se testni parametri standardizirali. Danas NHTSA vrši testiranja u pet različitih centara u SAD-u. Vozila su podijeljena prema masi u 8 različitih kategorija, a sveukupno testiranje se sastoji od frontalnog udara, bočnog udara i rizika od prevrtanja. Frontalni udar se provodi pri brzini od 56 km/h, kompletnim prednjim dijelom vozila, a ne samo s 40%, što uzrokuje manje posljedice po vozila zbog veće površine i ravnomjernije raspodjele apsorpcije energije udara. Zbog toga se taj sustav testiranja danas smatra zasterjelim. Bočni udar uključuje udar kolica mase 1356 kilograma pri brzini od 62 km/h u bočnu stranu vozila koje miruje. Što se tiče testa na rizik od prevrtanja, NHTSA je jedina institucija koja provodi takvo testiranje, te ono barem donekle može odrediti koliko je određeno vozilo stabilno.

IIHS (Insurance Institute for Highway Safety) također djeluje na području Sjeverne Amerike, ali je s radom započela dosta kasnije, 1996. godine. [28] Oni, također, najprije podijele vozila prema veličini, ali u 5 kategorija. Što se tiče testa frontalnog udara, prilično je različit od NHTSA-ovog testa. Naime, brzina udara je veća, 64 km/h, a površina vozila koja udara u deformabilnu prepreku manja, 40%. Taj test je puno rigorozniji od NHTSA-ovog, te su njegovi rezultati, naravno, puno lošiji, ali ipak mnogo mjerodavniji. Bočni udar se provodi kolicima mase 1485 kg, koja brzinom od 50 km/h udaraju u bočnu stranu testiranog vozila. IIHS također ima test koji jedino oni provode, a to je testiranje naslona za glavu sjedala. Glava vozača i putnika pri sudaru uvijek snažno udaraju u naslon za glavu i stoga je njegova funkcija u sigurnosti vrlo važna.

Europski program procjene sigurnosti novih automobila, ili skraćeno EuroNCAP, je, također, s radom počeo 1996. godine. [29] Program testiranja je najopširniji i najtemeljitiji na svijetu, te se sastoji od 10 strogo propisanih i kontroliranih testova. Svako vozilo mora biti testirano na potpuno identičan način, kako bi rezultati testiranja bili najobjektivniji mogući. Primjerice, prije testiranja iz vozila se mora izvući sva količina goriva i pustiti ga da radi dok ne potroši i zadnju kap goriva iz cijevi i ne ugasi se. Potom se rezervoar puni vodom do 90% kapaciteta. Rezervni kotač mora biti na svom mjestu, prednja sjedala u središnjem položaju, u prtljažnik se mora postaviti 36 kg tereta i to tako da se taj teret rasprostire što je šire moguće. Točno je određena i masa testnih lutaka za svako testiranje, a cijena jedne lutke iznosi čak 100000 funti (slika 3.11.).



Slika 3.11. EuroNCAP testne lutke [29]

Nakon provedenih testiranja, ukupni rezultat je podijeljen u 4 kategorije: zaštita odraslih, zaštita djece, zaštita pješaka i ugrađeni sigurnosni sustavi. Trenutni rekord uvjerljivo drži Volvo V40, koji je zahvaljujući svojim inovacijama na području sigurnosti, a poglavito novim sustavom zaštite pješaka, kao i posebnim zračnim jastukom za pješake, stekao titulu najsigurnijeg vozila na tržištu.

Očito je, stoga, da proizvođači moraju konstantno raditi na poboljšavanju sigurnosnih sustava svojih automobila, kao i učvršćivanju karoserija, jer bi ih loši rezultati na ovim testiranjima mogli koštati gubitka velikog tržišnog udjela.

#### 4. PRISTUP INOVACIJAMA U AUTOINDUSTRIJI

Inovacije su ključ u rješavanju najvećih izazova s kojima se autoindustrija trenutno suočava. Stagniranje i zadovoljavanje postojećim rješenjima znači polaganu, ali sigurnu propast. Upravo su nova otkrića, izumi i inovacije dosada uvijek bili pokretač svih industrija i tehnologija, pa tako i autoindustrije. Konzultantsko poduzeće Oliver Wyman je provelo opsežnu studiju, dugu 9 mjeseci, u kojoj je razgovarano s više od 30 stručnjaka iz industrije, analizirano više od 300 inovacija i sve to stavljeno u kontekst današnjih trendova u autoindustriji. [30]

Proces inoviranja u autoindustriji je trenutno jako neučinkovit. Od ukupnog iznosa od 800 milijardi eura, koji će u idućih deset godina biti uložen u istraživanje i razvoj, procijenjeno je da će otprilike 40% tog novca biti pogrešno uloženo. Trenutno autoindustrija u taj sektor ulaže oko 4-5% svog ukupnog prihoda, što iznosi oko 783 eura po jednom vozilu. Međutim, konstantan pritisak koji vrše zakonodavci, konkurencija, tržište i pad potražnje imaju vrlo jak utjecaj na proces upravljanja inovacijama. Procijenjeno je da će biti potrebno smanjiti troškove za dodatnih 1500 eura po vozilu (oko 11% cijene vozila), kako bi proizvodnja automobila bila profitabilna u budućnosti. Kako bi se to ostvarilo, potrebno je uložiti veliki trud u poboljšavanje procesa inoviranja i stvaranju učinkovitijeg istraživačkog i razvojnog sektora. Potrebno će biti uvoditi razne mjere poput mjera za smanjenje troškova, pojednostavljivanja proizvodnog procesa, standardizacije i modularizacije razvoja vozila. Veliki napredak u sektoru istraživanja i razvoja će biti uočen u zemljama poput Kine, Indije i Južne Koreje, koje zauzimaju sve veći udio u svjetskoj proizvodnji automobila, te će znatno povećati svoja ulaganja u proces inoviranja. Snagu inovacija će dodatno povećati proces koncentracije istraživanja kod dobavljača, što će dodatno smanjiti troškove samim proizvođačima, a ujedno i povećati kvalitetu inovacija. Ovisno o vrsti suradnje između dobavljača i proizvođača, potrebno je savršeno uskladiti sve elemente procesa inoviranja: prijedlog inovacije, određivanje nadležnosti i suradnje, poslovni plan inovacije, te strukturu i organizaciju inovacije. Studija daje 4 smjernice za uspješno upravljanje inovacijama u autoindustriji: [30]

- povećati orijentiranost na kupca i marketing
- stvoriti raznolik portfelj inovativnih proizvoda i usluga
- poboljšati učinkovitost R&D sektora smanjivanjem rizika inovacija
- poboljšati organizaciju i kulturu inovacija

#### 4.1. FOKUS INOVACIJA – MEGATRENDOVI

Megatrendovi u politici, društvima, ekonomiji i tehnologiji definiraju zahtjeve koje će autoindustrija u budućnosti trebati ispuniti. Inovacije se moraju planirati tako da njihovi rezultati budu odgovor na te megatrendove, kako bi u budućnosti odgovarale na zahtjeve postavljene ekonomskim kriterijima, tehnološkim standardima, potrebama kupaca i zakonskim regulativama. Iako se na prvi pogled mnogi od tih trendova čine preočitima, te ne pokreću kreativno razmišljanje, zanemarivanje njihove važnosti može dovesti do ozbiljnih poteškoća u budućnosti, ako industrija neće posjedovati tehnologije koje će odgovarati na sve zahtjeve koje su pred nju postavljene.

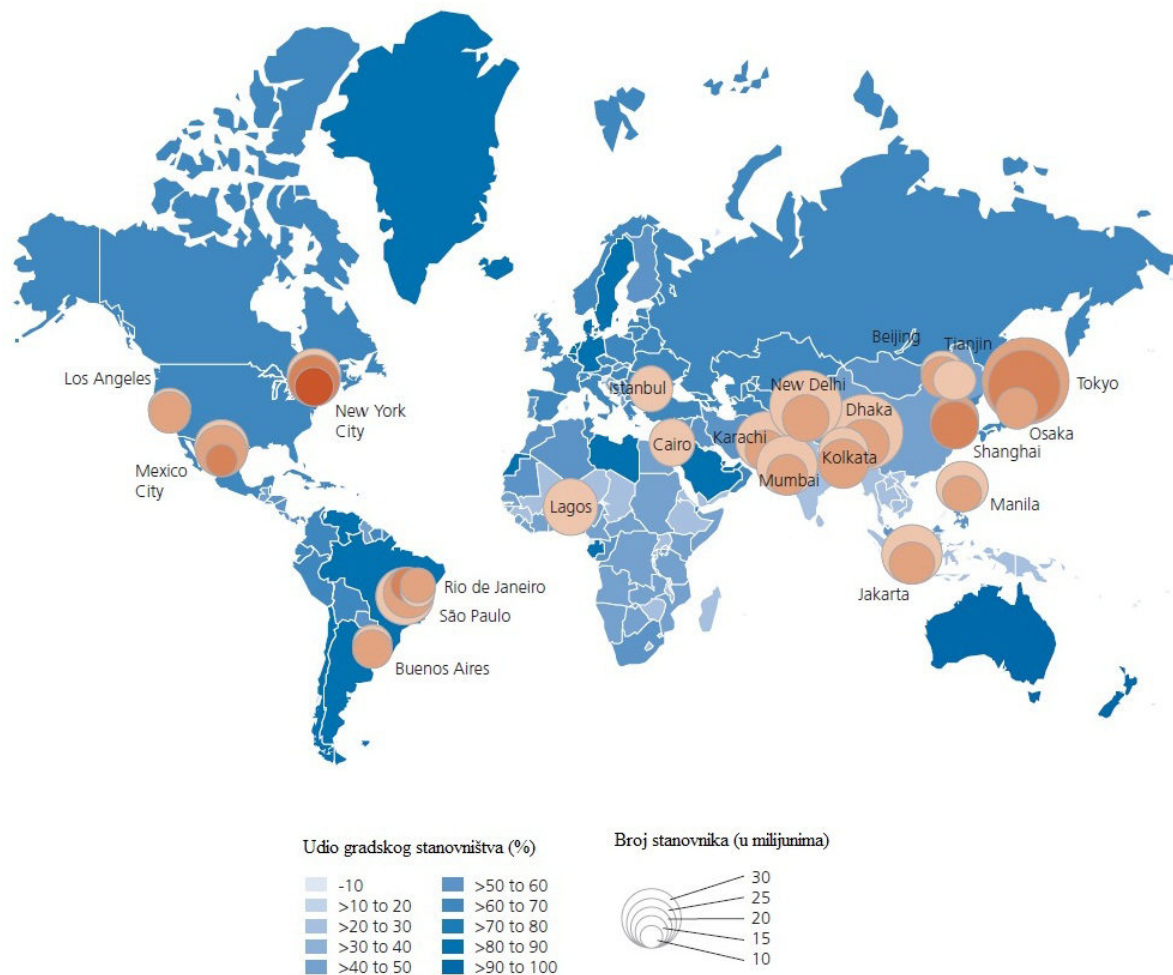
Primjerice, jedan od tih trendova je starenje stanovništva. Za 10 godina, prosječni kupac novog automobila će biti znatno stariji nego što je to slučaj danas. To automatski znači da će i njegove potrebe i zahtjevi biti drugačiji. 2007. godine, prosječna dob kupca novog automobila je bila 40 godina. 2015. godine se očekuje da ta dob bude 4 godine veća. Stoga će biti potrebno razviti automobile koji će biti prilagođeni nešto starijem stanovništvu. To podrazumijeva implementaciju tehnologija u vozilu koje se lako koriste i kupac ih može lako razumjeti. Fokus će bit prebačen s vizualnog izgleda raznih dijelova i sustava vozila na njegovu stvarnu funkcionalnost i jednostavnost za korištenje. Neke od tehnologija koje će biti potrebne kako bi se ispunili zahtjevi starijeg kupca su ergonomičnost, sustavi za bolju preglednost noću i po kišnom vremenu, jednostavne funkcije čak i za kompliciranije sustave i sl.

Također, primjetan je trend sve veće specijalizacije u raznim područjima inženjerstva i proizvodnje. To uzrokuje postupno smanjivanje raznolikosti između proizvođača različitih proizvođača. Sve veći udio u proizvodnji, pa tako i u istraživanju i razvoju, se prebacuje na same dobavljače. To osigurava veću učinkovitost inovacija, te bolju kontrolu nad rastućom složenosti automobila. Automobili su vrlo složena tehnologija, kombinacija mnogo drugih jednostavnijih tehnologija, tj. sustava koji se u njih ugrađuju. Te sustave ne konstruiraju i proizvode sami proizvođači automobila, već njihovi dobavljači. Zadatak proizvođača je modularizacija cijelog procesa proizvodnje i određivanje fokusa inovacija na određene sustave u kojima želi biti prepoznatljiv i stvoriti prednost na tržištu. Primjer toga je fokus Volva na sigurnosti, Toyote na pouzdanosti, Citroena i Peugeota na udobnosti i sl. Zadatak dobavljača je razvoj i konstrukcija tražene tehnologije, kao i ulaganje u istraživanja i potencijalne inovacije koje će stvoriti nove tehnologije i stvoriti kompetitivnu prednost tome dobavljaču.

Procjena je da će do 2015. godine, 40% svjetskog stanovništva živjeti u gradovima s više od milijun stanovnika, dok će njih 17% živjeti u megalopolisima s više od 5 milijuna stanovnika.

To je najbolje vidljivo na slici 4.1. Prosječna brzina vozila u takvim gradovima neće prelaziti 15-20 km/h. Razvoj automobila u tim uvjetima će zahtijevati mnogo drugačiji pristup nego što je to slučaj danas. Neke od ključnih značajki tih automobila će biti:

- lako prebacivanje između položaja za vožnju i za odmor
- naglasak na zabavi putnika i na sustavima za informacije
- implementiranje start/stop sustava
- skrivanje putnika od vanjskih pogleda
- zaštita putnika od mogućih napada
- zaštita od vanjskog smoga
- nulta emisija ispušnih plinova



Slika 4.1. Procjena rasporeda stanovništva 2015. godine [30]

To su samo neki od primjera trendova prisutnih u današnjem svijetu. Kako bi poduzeće bilo uspješno u budućnosti, mora postaviti ispravnu strategiju inovacija temeljenu na praćenju trendova prisutnih danas, kao i mogućih promjena u budućnosti. Samo na taj način može očekivati razvoj učinkovitih inovacija koje će odgovarati na zahtjeve budućnosti.

## 4.2. POTENCIJAL INOVACIJA – TEHNOLOGIJA

Ranije u ovom poglavlju je već naglašeno kako čak 40% ulaganja u istraživanje i razvoj ne rezultira inovacijama koje se implementiraju u konačni proizvod. Razlog tome je neprihvatanje inovacija od strane tržišta. To ostavlja 60% ulaganja koja ipak rezultiraju inovacijama koje nađu svoj put do konačnog proizvoda. Od tih 60%, jedna trećina otpada samo na nužni serijski razvoj proizvoda. Druga trećina predstavlja inovacije koje su potrebne kako bi se ispunile zakonske obveze (poput smanjenja emisije CO<sub>2</sub>), ali koje ne pridaju dodatnu vrijednost ili raznolikost proizvodu, te se te inovacije također najčešće ne isplate. To znači da nam ostaje samo jedna trećina od 60%, tj. 20% od ukupnog ulaganja, koje predstavlja profitabilne inovacije.

Samo 10% inovacija koje su trenutno u razvoju imaju potencijal da postanu inovacije koje će donijeti prekretnicu u industriji. Međutim, takve inovacije uvijek sa sobom donose i visoki stupanj rizika. Pogotovo ako uzmemo u obzir konstantno mijenjajuće zahtjeve tržišta. Neke inovacije, koje donose veliku promjenu u odnosu na sadašnje tehnologije, (npr. gorivi članci) imaju veliki potencijal da postanu temeljima nove tehnologije i budućnosti autoindustrije. Međutim, njihov trenutni tržišni potencijal je vrlo nizak, jer postoji mnogo problema i poteškoća s njihovom implementacijom, cijenom i sl. Tako da ta inovacija može postati veliki hit, a može i potpuno propasti i otići u zaborav. To najbolje dočarava visoki rizik s kojim se autoindustrija danas susreće pri ulaganju u razvoj novih tehnologija. Zbog tog rizika, proizvođači i dobavljači su prisiljeni usredotočiti svoja ulaganja na ograničeni broj inovacija koje imaju stvarnu i visoku šansu uspjeha na tržištu, ma koliko malu stvarnu promjenu one donosile. Rokovi za nove inovacije se konstantno skraćuju, a troškovi njihovog razvoja rastu zbog povećanja složenosti svake slijedeće tehnologije, stvarajući tako dodatni pritisak na autoindustriju.

Tehnologije koje će nastaviti najviše doprinositi budućim inovacijama su elektrotehnika i elektronika. Razni elektronski sustavi nadzora, povećanja sigurnosti, upravljanja raznim funkcijama i slični sustavi će uzeti veliki udio u budućim inovacijama. Još veći doprinos, s godišnjim rastom prihoda od 8%, dat će razvoj softvera, poluvodiča, ekrana i proizvodnje energije. Međutim, sve te tehnologije će se početi međusobno ispreplitati, te će sve više inovacija biti složeni sustavi, umjesto pojedinačnih proizvoda. Najveći fokus inovacija današnjice je ispunjavanje zahtjeva nabrojanih u prošlom poglavlju, a to su smanjenje emisije ugljičnog dioksida, povećanje učinkovitosti motora i smanjenje mase vozila. Do 2015., očekuje se malo smanjenje udjela benzinskih motora, blago povećanje udjela dizelskih motora, kao i vozila na alternativna goriva (biogoriva, prirodni plin). [30]

Međutim, najveći rast očekuje vozila s hibridnim pogonom, koji bi trebali doseći udio od 11% do 2015. godine. Od hibridnih vozila, samo jedna četvrtina će biti tzv. potpuna hibridna vozila. Velika većina, čak 70%, hibridnih vozila biti će tzv. mikro-hibridna vozila. To su vozila kojima elektromotor služi samo kao dio sustava regenerativnog kočenja ili kao dio start/stop sustava, koji se koristi pri gradskoj vožnji s čestim zaustavljanjima. [24] Najveći potencijal za uspjeh ta vozila imaju u gradovima, a pogotovo u megalopolisima budućnosti spomenutim u prošlom poglavlju. Također, ta tehnologija je jako prilagodljiva, te se može koristiti s bilo kojom vrstom motora s unutarnjim izgaranjem. Također, konstrukcija takvih vozila vrlo je slična konstrukciji električnih vozila ili vozila na gorive članke, te bi ona mogla odigrati ključnu ulogu u tranziciji s motora s unutarnjim izgaranjem na takva vozila.

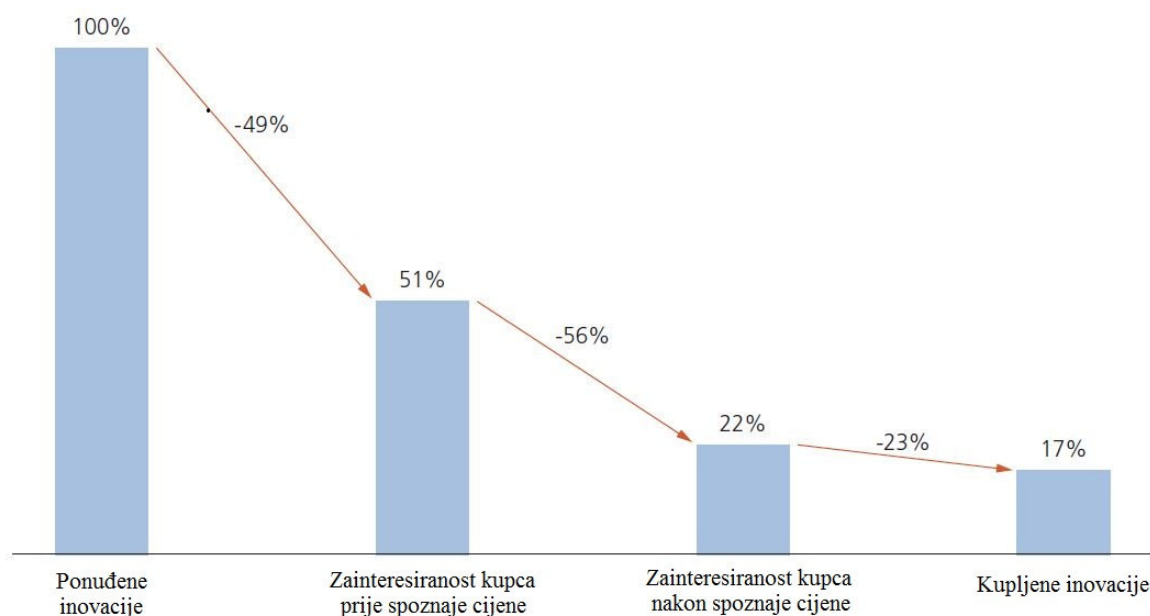
Ključna uloga menadžmenta u upravljanju procesa inoviranja je u odabiranju pravih inovacija i stvaranju uvjeta za njihov siguran plasman i uspjeh na tržištu. Za to je potrebno dobro procijeniti budući tržišni potencijal svih inovacija i prepoznati druge tehnologije koje im predstavljaju prijetnju. Ukoliko su potrebne druge tehnologije za uspjeh neke inovacije, potrebno je procijeniti hoće li te tehnologije biti dostupne na vrijeme. Također je potrebno razlučiti koja tržišta će bolje prihvatiti određene tehnologije od drugih. Primjerice, azijsko i europsko tržište nemaju iste zahtjeve što se tiče elektronskih sustava u automobilu, potrebne snage i brzine vozila, prostranosti i sl. Sve te, a i mnoge druge, čimbenike je potrebno na vrijeme prepoznati i na temelju njih znati predvidjeti u koje inovacije se isplati ulagati.

#### **4.3. PRIHVAĆANJE INOVACIJA – TRŽIŠTE**

Vrlo važan čimbenik uspjeha inovacije je njena prodaja krajnjem korisniku. Mnogo inovacija propada zbog toga što proizvođači ne ulažu dovoljno truda, kako u prepoznavanje potreba svojih kupaca, tako i u marketing same inovacije. Trenutno na tržištu postoji mnogo složenih, za kupca nerazumljivih, inovacija. Ankete pokazuju da 70% vozača u Njemačkoj i SAD-u znaju za ABS, ali ih je samo 40% upoznato s ESC-om, elektronskim sustavom stabilnosti vozila. Ponuda dodatne opreme za BMW 7 je narasla s 14 dodatnih opcija 1986. godine, na njih čak 92 2006. godine. Toliki popis dodatne opreme često samo zbunjuje kupca, te su vrlo male šanse da će on uopće proučiti svaku od njih, a kamoli kupiti ju. Ne pomažu niti razni troslovni i četveroslovni akronimi koje proizvođači služe kako bi opisali razne složene tehnologije. Također, niti sami prodavači u autosalonima najčešće ne znaju na pravi način ponuditi kupcu i zainteresirati za sve te inovacije. Svi ti čimbenici utječu na vrlo slabu konačnu prodaju inovacije onome kome je ona stvarno i namijenjena – kupcu.



Konzultantska tvrtka Oliver Wyman je provela istraživanje u Njemačkoj i SAD-u [30], gdje su ispitali koliko inovacija je ponuđeno kupcu, te koliko se njih on odluči i kupiti. Rezultati su bili poražavajući, što pokazuje slika 4.2. Od svih ponuđenih inovacija, samo 17% njih kupac u stvarnosti kupi. Istraživanje je pokazalo da prosječno prodavači potroše samo 5 minuta na prezentaciju inovacija kupcu i njihovo objašnjavanje. Također, pokazalo se da je kupcu najbitnija stavka ukupna cijena automobila, dok su proizvođači samo 8% svog uloga u marketing posvetili upravo tome području. Marketinški je najviše, čak 56%, uloženo u prezentaciju udobnosti i sigurnosnih inovacija. To pokazuje koliko proizvođači slabo razumiju potrebe svojih kupaca, te zašto im tako malo inovacija u stvarnosti uspiju i prodati.



Slika 4.2. Uspješnost prodaje inovacija kranjem kupcu [30]

Također, potrebno je razlikovati kojim kupcima su namijenjene koje inovacije. Istraživanje je otkrilo da bi čak 45% europskih kupaca starijih od 55 godina voljelo imati automatski mjenjač u automobilu, dok to isto želi samo 21% mlađih kupaca. Isto tako, 55% Nijemaca bi voljelo kupiti bočne zračne jastuke kao dodatnu opremu, dok je u ostatku Europe taj postotak niži – 46%. Proizvođači moraju znati procijeniti u kojim regijama će koje inovacije bolje proći i kod kojih kupaca, ovisno o spolu, dobi i sl. Prema tome moraju ravnati svoje marketinške i prodajne strategije. Potrebno je te informacije podijeliti s dobavljačima jer, na kraju krajeva, dobavljači su odgovorni za veliku većinu inovacija moderne autoindustrije. Orjentiranost na kupca mora biti na prvom mjestu u planiranju, razvoju, marketingu i prodaji inovacija.

#### 4.4. EKONOMIČNOST INOVACIJA

U posljednjih 20 godina u industrijaliziranim zemljama, prosječna cijena novog automobila je porasla za 100%, dok je prosječna mjesečna plaća porasla samo za 50%. Razlog tome je rastuća tehnološka složenost koja je glavni faktor cijene razvoja i proizvodnje, te rastući broj inovacija potrebnih kako bi se proizvođači razlikovali jedni od drugih. Jasno je da se ovaj trend ne može nastaviti još dugo, inače će kupovna moć građana biti dovoljna samo za kupnju malih gradskih vozila, što nikako nije dobro za autoindustriju. Jasno je, stoga, da će jedan od glavnih ciljeva proizvođača biti smanjenje troškova same proizvodnje automobila. Kako bi se to ostvarilo, potrebno će biti sve više koristiti jeftinije materijale ili materijale čija je obrada jeftinija. Također, razni proizvodni procesi će morati biti analizirani i njihova učinkovitost će morati biti povećana. Potrebno će biti smanjiti troškove razvoja novih modela vozila. Modularni način razvoja vozila omogućuje proizvođačima raspodjelu inovacija na dobavljače koji proizvode određeni sustav. To sve može znatno skratiti proces razvoja novog modela i povećati raznolikost ponude vozila.

Procjenjuje se da će do 2015. godine oko 10% svih automobila u Europi, Kini i Indiji biti jeftini automobili s cijenama između 3000 i 7000 eura. Ta vozila donose, naravno, najmanji profit proizvođačima, ali će oni morati uložiti ekstremne napore kako bi proizveli ta vozila po sve nižim cijenama i tako stvorili tržišnu prednost. Iako vjerojatno neće ostvariti profite na tim modelima, ono što će im se isplatiti, biti će inovacije nastale iz procesa stvaranja što jeftinijeg vozila. Razvit će se nove proizvodne tehnologije, otkriti novi, lakši i jeftiniji materijali i sl. To će se pozitivno odraziti na sve buduće tehnologije i proizvode, jer će znatno smanjiti cijenu budućih vozila i omogućiti proizvođačima da te tehnologije primijene i na snižavanju cijene i poboljšavanju skupljih modela vozila.

Još jedno rješenje koje bi moglo uvelike smanjiti troškove proizvodnje vozila je smanjenje mogućeg broja varijanti određenog modela. Primjerice, VW Golf se može proizvesti u  $10^{23}$  mogućih konfiguracija, dok je kod Toyote Corolle taj broj samo 1740. Smanjenje mogućeg broja varijanti se može izvršiti spajanjem određenog broja dodatnih opcija u pakete, što bi uvelike povećalo broj vozila koje tvornica može proizvesti, pojednostavnilo proces proizvodnje i smanjilo troškove.

Može se zaključiti da je potrebno unijeti reformu u sam proces stvaranja inovacija. Potrebno je poticati inovacije koje smanjuju troškove, budući da je trenutni fokus na inovacijama koje povećavaju funkcionalnost, što samo dodatno povećava cijenu. Također treba smanjiti samu cijenu inovacija. Zbog rastuće složenosti tehnologije proizvodnje automobila, 4,5% ukupne

vrijednosti automobila odlazi na ulaganje u istraživanje i razvoj. Čak 40% tog iznosa odlazi na proizvode koji ne donose dovoljne prihode kako bi se vratili ulozi. Kada bi se uvela stroža kontrola i provjera kvalitete, moglo bi se na vrijeme zaustaviti one inovacije za koje se procijeni da se njihovim plasiranjem na tržište neće ostvariti dovoljni prihodi. Prepuštanje inoviranja dobavljačima također može znatno smanjiti ulaganja u istraživanje i razvoj. Činjenica je da će dobavljači najbolje i najučinkovitije poboljšati sustave koje su sami razvili, te će znati te sustave proizvesti uz najniže moguće troškove. Razvitak novih virtualnih sustava u kojima bi se mogli testirati novi proizvodi bi uvelike smanjio troškove proizvodnje i testiranja tih proizvoda.

## 5. PRIMJERI INOVACIJA U AUTOINDUSTRIJI

### 5.1. MAZDINA SKYACTIV TEHNOLOGIJA

Eurotaxova studija 2011. godine [31] procjenjuje da će godišnja prodaja električnih automobila u Njemačkoj 2020. godine iznositi između 250000 i 375000 vozila. To je tržišni udio od samo 10%. Ako tome dodamo još 200000 benzinskih i dizelskih hibrida, zaključak je da će vozila pogonjena isključivo na benzin i dizel za 10 godina i dalje zauzimati više od 80% tržišta. Međutim, današnji motori s unutarnjim izgaranjem rade s učinkovitošću od samo 30-ak posto. Upravo te dvije činjenice su bile glavni čimbenici u Mazdinoj odluci da posveti više pažnje u poboljšanju upravo tih motora.

Glavni cilj Mazdinih inženjera pri razvoju SkyActiv tehnologije je bio značajno povećanje učinkovitosti za sva vozila nove generacije, smanjenje potrošnje goriva i CO<sub>2</sub> emisija, te u isto vrijeme daljnje povećanje sigurnosti. Kao odgovor na sve te zahtjeve, razvili su potpuno novu SkyActivu tehnologiju, koja uključuje novu seriju motora, prijenosa, karoserija i šasija, koje će biti dio novih Mazdinih vozila. Još 2007. godine, Mazda je osmislila svoju strategiju zvanu „održivi zoom-zoom“, koja je tražila povećanje iskoristivosti goriva za 30% do 2015. godine, s obzirom na razine iz 2008. godine. Takvo povećanje iskoristivosti goriva smanjilo bi potrošnju goriva za 23%, a time, naravno, i emisiju CO<sub>2</sub>. [32]

Mnogi drugi proizvođači automobila se planiraju koncentrirati na hibridne pogone u kratkom roku, te na potpuno električne pogone na dulji rok. Mazda također razvija svoje električne modele, te ulaže znatna sredstva u razvoj hibridnih i potpuno električnih vozila. S Toyotom su 2010. godine donijeli sporazum o proizvodnji pod licencom hibridne tehnologije poznate od modela Prius. Planiraju kombinirati hibridni sustav sa svojim SkyActiv motorima kako bi razvili i proizveli hibridno vozilo u Japanu, počevši s 2013. godinom. Međutim, trenutno su najveću pažnju posvetili poboljšanju motora s unutarnjim izgaranjem, koji će još dugo vremena biti daleko najzastupljeniji motor u svim vozilima u cijelom svijetu.

Iskoristivost goriva današnjih motora značajno pada od srednjih do niskih opterećenja pri niskim brzinama motora. Hibridna vozila imaju nisku potrošnju goriva jer se motor s unutarnjim izgaranjem koristi u rasponu rada najveće iskoristivosti goriva kako bi proizveo električnu struju, koja, zajedno s regeneriranom energijom, pogoni vozilo pri niskim opterećenjima. Međutim, što je šire područje neučinkovitog rada pri niskom opterećenju motora s unutarnjim izgaranjem, to moraju električni motor i baterija hibridnog vozila biti veći kako bi to nadoknadili. Stoga, zahvaljavajući svojoj velikoj učinkovitosti pri širokom rasponu rada, kombinacija SkyActiv motora

s unutarnjim izgaranjem kao agregata, te električnog pogona povećava ukupnu učinkovitost hibridnih vozila. To rezultira hibridnim vozilom s lakšim električnim motorom i baterijom.

U konvencionalnim motorima, 70-80% energije sadržane u gorivu se izgubi u svim procesima pretvorbe energije do konačnog prijenosa energije na kotače. Najveći uzroci takvog gubitka energije su toplinski gubici, ponajviše na ispuhu, hlađenju motora i toplini stvorenoj pri trenju unutar motora i prijenosa.

Šest čimbenika koji su bili temelj njihovog pristupa su:

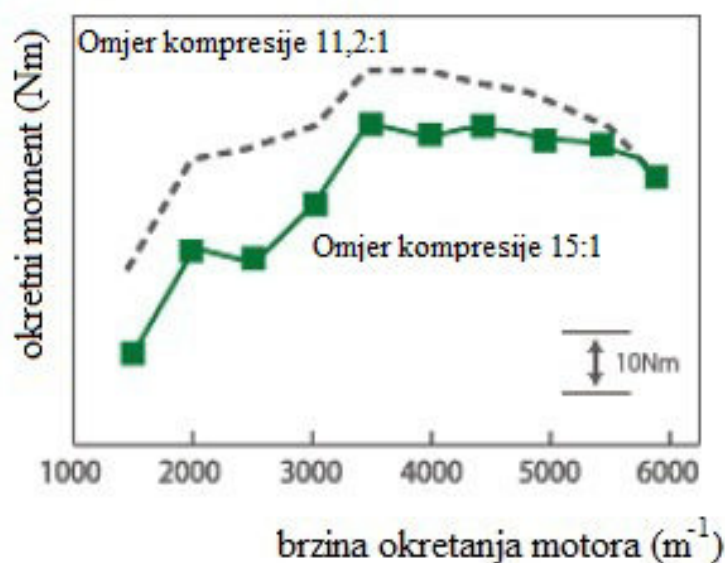
- omjer kompresije
- omjer zraka i goriva
- trajanje izgaranja
- tempiranje izgaranja
- gubici na usisu
- gubici uslijed mehaničkog trenja

Cilj je bio optimizirati te čimbenike, čineći njihov rad što je moguće efikasnijim i time povećati učinkovitost motora s unutarnjim izgaranjem. Ispostavilo se da je omjer kompresije bio najvažniji čimbenik u tom pothvatu i temelj SkyActiv tehnologije. Strategija je bila takva da je prvo skupina visoko specijaliziranih inženjera razvila najbolje moguće pojedinačne arhitekture motora. Te arhitekture su, potom, služile kao temelj za sve nove buduće motore, neovisno o broju cilindara, njihovoj veličini, vrsti goriva i sl. To im je omogućilo da istu, najučinkovitiju arhitekturu motora primijene za čitav budući raspon motora, ovisno o potrebama tržišta i vrsti vozila.

#### **5.1.1. SkyActiv-G benzinski motor**

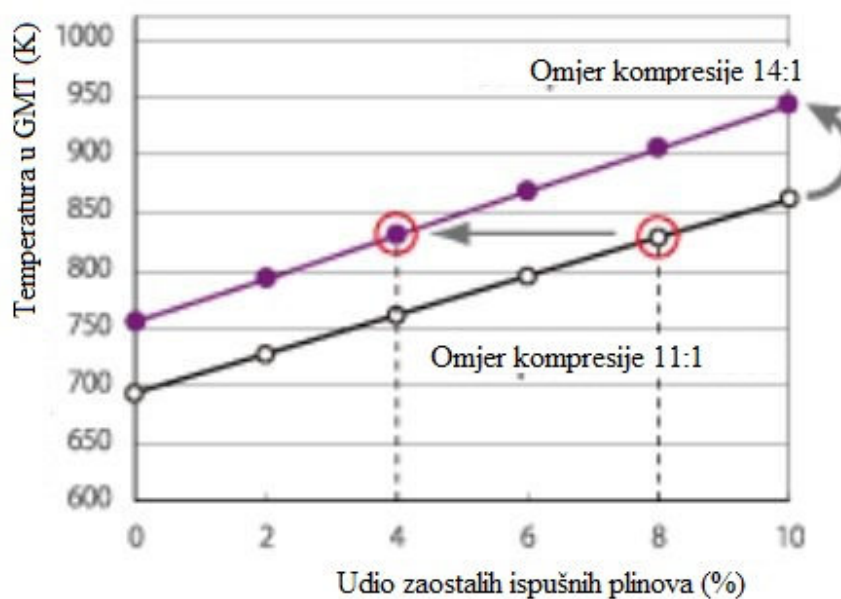
Novi Mazdin SkyActiv-G benzinski motor je prvi benzinski motor u masovnoj proizvodnji s omjerom kompresije 14:1. Ukoliko ne uzmemo u obzir neke trkaće automobile, tipični omjer kompresije u benzinskim motorima se kreće između 10:1 i 11:1. Očito je da je ovaj omjer kompresije daleko iznad toga, što, teoretski, u startu povećava toplinsku iskoristivost motora. Međutim, u praksi to nije tako jednostavno izvedivo, jer se povećanjem omjera kompresije javljaju mnogi drugi problemi. Prvi i glavni problem koji se javlja je „klikljanje“ motora (eng. *knocking*), tj. detonacija. Zbog visokih tlakova i temperatura koje se javljaju u cilindru motora pri kompresiji, smjesa zraka i goriva se može spontano zapaliti.

Za učinkovit rad motora potrebno je da se smjesa zraka i goriva zapali u točno određenom trenutku, kako bi energija razvijena izgaranjem smjese bila iskorištena za potiskivanje klipa prema dolje i okretanje koljenastog vratila motora. Ukoliko se smjesa zapali prerano, dok se klip još uvijek kreće prema gore, tj. nije dostigao do svoje najviše točke hoda unutar cilindra, tzv. gornje mrtve točke (GMT), tada se ta energija uvelike gubi, jer se klip još uvijek kreće prema gore, a energija dobivena izgaranjem ga pokušava gurati prema dolje. Jasno je da je taj proces veoma neučinkovit i stvara neželjene gubitke u radu motora, prvenstveno gubitak okretnog momenta. [33] Smanjenje okretnog momenta povećanjem kompresije s 11,2:1 na 15:1 je prikazano na slici 5.1.



Slika 5.1. Pad okretnog momenta povećanjem omjera kompresije [34]

Kako bi se smanjila mogućnost detonacija, potrebno je smanjiti temperaturu smjese zraka i goriva u GMT. Ono što najviše utječe na povećanje te temperature su zaostali vrući ispušni plinovi koji su ostali u cilindru. Primjerice, ukoliko pri omjeru kompresije 10:1, temperaturi zaostalih plinova  $750^{\circ}\text{C}$  i temperaturi usisnog zraka  $25^{\circ}\text{C}$ , 10% ispušnih plinova ostane u cilindru, temperatura u cilindru prije kompresije raste za otprilike  $70^{\circ}\text{C}$ , a temperatura pri GMT za otprilike  $160^{\circ}\text{C}$ . Stoga je lako zaključiti kako količina zaostalih ispušnih plinova ima veliki utjecaj na povećanje mogućnosti detonacija. Kada bi se udio zaostalih ispušnih plinova u cilindru prepolovio s 8% na 4%, temperatura u cilindru u GMT bi bila jednaka onoj pri omjeru kompresije 11:1. To je najbolje prikazano na slici 5.2.



Slika 5.2. Omjer udjela zaostalih ispušnih plinova i temperature u GMT [34]

Jedna mogućnost rješavanja tog problema je implementacija novog, 4-2-1 ispušnog sustava. Kod konvencionalnih, kratkih ispušnih sustava, ispušni plinovi iz jednog cilindra dolaze do drugog cilindra točno u trenutku kada taj cilindar prelazi s ispušnog na usisni takt. To uzrokuje pritisak na ispušne plinove koji su upravo izašli iz cilindra i potiskuje ih nazad u cilindar, povećavajući time udio zaostalih ispušnih plinova u cilindru. Mazdin 4-2-1 ispušni sustav onemogućuje tu pojavu, jer se sastoji od dugih cijevi, koje znatno povećavaju vrijeme potrebno da ispušni plinovi iz jednog cilindra dođu do drugog cilindra, te samim time onemogućava ispušnim plinovima povratak nazad u cilindar za vrijeme usisnog takta. Slika 5.3. prikazuje 4-2-1 ispušni sustav.



Slika 5.3. 4-2-1 ispušni sustav [35]

Takva konstrukcija je zahtijevala jako duge cijevi, što je stvorilo problem pomanjkanja prostora za smještaj ispušnog sustava. Međutim, primjenom zakrivljenih cijevi, uspješno je uštedeno na prostoru, a dobivene su cijevi potrebne duljine za smanjenje udjela zaostalih plinova.

Trajanje izgaranja je također smanjeno. Brže izgaranje skraćuje vrijeme tijekom kojeg je smjesa zraka i goriva izložena visokim temperaturama, što omogućuje završetak normalnog izgaranja prije nego dođe do detonacije. Stoga, novi motori također imaju i posebnu šupljinu u klipu, prikazanu na slici 5.4. Ona sprječava da početni plamen izgaranja udari izravno u površinu klipa, što bi onemogućilo njegovo neometano širenje. Također su implementirane i nove brizgaljke s više rupa, koje poboljšavaju svojstva raspršenog goriva.



Slika 5.4. Klip sa šupljinom [34]

Kako bi se dodatno poboljšala učinkovitost motora, također je potrebno smanjiti gubitke, koji se javljaju na usisu pri niskim opterećenjima motora, kada klip uvlači zrak dok se spušta prema dolje za vrijeme takta usisa. Općenito, količina zraka koja ulazi u cilindar je upravljana leptirom gasa koji se nalazi ispred cilindra u usisnoj cijevi. Pri niskim brzinama okretaja motora, leptir gasa je skoro zatvoren, što uzrokuje manji tlak u usisnoj cijevi i cilindru od atmosferskog tlaka. Kao rezultat toga, klip mora savladati jaki vakuum. To uzrokuje gubitke, koji, naravno, loše utječu na učinkovitost.

Mazda je uspjela smanjiti te gubitke primjenom kontinuiranog promjenjivog S-VT sustava (sekvencijalno tempiranje ventila) na usisnim i ispušnim ventilima. S-VT sustav mijenja vremena otvaranja i zatvaranja ventila, omogućujući time da se količina usisanog zraka upravlja radije pomoću ventila nego pomoću leptira gasa. Tijekom usisnog takta, leptir gasa i usisni ventili se drže potpuno otvorenima dok se klip kreće prema dolje. Usisni takt završava kad klip dosegne svoju najnižu točku hoda unutar cilindra, odnosno donju mrtvu točku (DMT). Ako se usisni ventil tad zatvori, previše je zraka u cilindru, jer je samo mala količina zraka potrebna pri



niskim opterećenjima. Stoga, kako bi se izbacio višak zraka, usisni S-VT sustav drži usisne ventile otvorenima i dok se klip počinje kretati prema gore (tijekom takta kompresije). Usisni ventili se, potom, zatvaraju kad je sav nepotrebnii zrak istisnut van. Tako S-VT sustav minimizira gubitke usisa, povećavajući učinkovitost procesa izgaranja.

Naravno, nedostatak koji se pritom javlja je destabilizirano izgaranje. Budući da se usisni ventili drže otvorenima čak i kad takt kompresije započne, tlak unutar cilindra se smanjuje, otežavajući pritom zapaljenje mješavine zraka i goriva. To, međutim, nije problem za SkyActiv-G motore, zahvaljujući visokom omjeru kompresije od 14:1. Visoki omjer kompresije povećava temperaturu i tlak u cilindru, pa proces izgaranja ostaje stabilan, bez obzira na gubitke usisa, te se povećava iskorištenost goriva.

Posljednja stvar kojom su Mazdini inženjeri učinili nove SkyActiv motore učinkovitijim, jest smanjenje njihove mase i trenja unutar motora. Budući da su ovo potpuno novo-konstruirani motori, uspješno je smanjena masa klipova za 20%, klipnjača za 15%, te trenja unutar motora za čak 30% (u usporedbi s trenutnim dvolitrenim MZR motorom). Zajedno s ispušnom granom 4-2-1, ove inovacije rezultiraju u značajnom povećanju okretnog momenta od 15% naspram trenutnog dvolitrenog MZR motora. Viši okretni moment dostupan je pri većem rasponu okretaja motora. Potrošnja goriva je isto tako smanjena za 15%.



Slika 5.5. SkyActiv-G motor [32]

### 5.1.2. SkyActiv-D dizelski motor

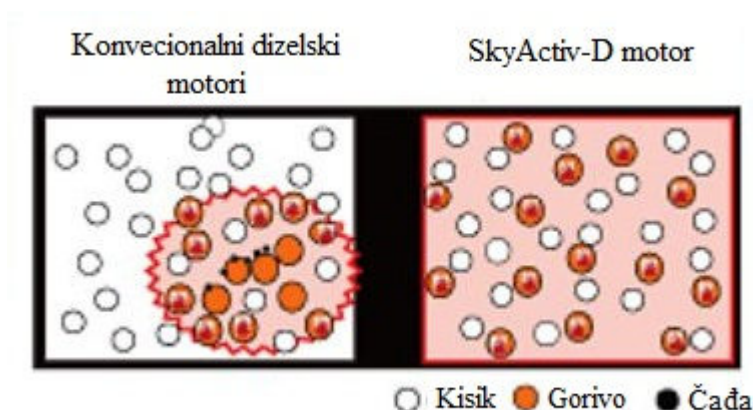
Drugi član Mazdinih inovativnih motora nove generacije je dizel - potpuno novi SkyActiv-D dizelski motor. Posjeduje isti omjer kompresije, 14:1, kao i SkyActiv-G benzinski motor. To ga čini dizelskim motorom s najmanjim omjerom kompresije u svijetu. SkyActiv-D motor je također jedan od prvih dizela koji ispunjavaju stroge Euro 6 emisijske propise (koji neće stupiti na snagu prije 2014. godine), bez potrebe za skupim sustavima naknadne obrade NOx plinova (dušičnih oksida).



Slika 5.6. SkyActiv-D motor [32]

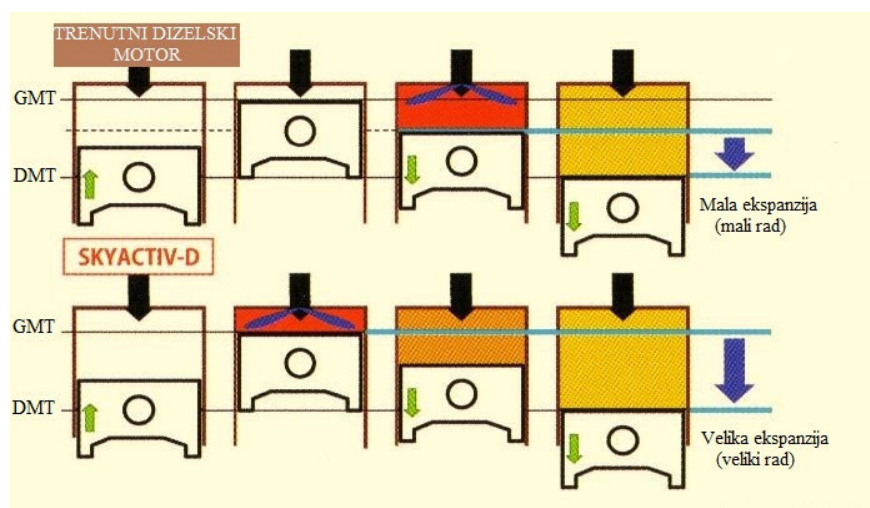
Dizelski motori, za razliku od benzinskih, ne zahtijevaju svijećice za rad. Gorivo se ubrizgava izravno u cilindar, te se smjesa zraka i goriva sama zapali pod utjecajem visokog tlaka i temperature blizu GMT. Visoki tlak i temperatura su posljedica visokog omjera kompresije, koji je kod konvencionalnih dizelskih motora između 16:1 i 18:1. Tako visoki omjer kompresije potreban je i za stabilno izgaranje tijekom faze zagrijavanja motora i za hladni start. Temperature u GMT kod takvih motora su iznimno visoke. Kada bi se gorivo ubrizgalo u cilindar pri tim uvjetima, smjesa bi se zapalila prije nego bi se formirao idealan omjer zraka i goriva, što bi uzrokovalo lokalno heterogeno izgaranje. Rezultat takvog izgaranja u nedostatku kisika je stvaranje dušičnih oksida i čađe. Stoga proizvođači automobila odgađaju izgaranje smjese dok se klip ne počne spuštati prema dolje, te dok se temperatura i tlak smjese ne smanje, što negativno utječe na potrošnju goriva.

Smanjenjem omjera kompresije, smanjuju se i tlak i temperatura smjese u GMT. To omogućuje ubrizgavanje goriva blizu GMT, što poboljšava omjer smjese zraka i goriva. Takva homogena smjesa, bez mjestimično visokih temperatura i nedostatka kisika, znatno otežava stvaranje NO<sub>x</sub> i čađe, čineći cijeli proces izgaranja puno čistijim i učinkovitijim. Slika 5.7. prikazuje razliku između smjese zraka i goriva kod konvencionalnih dizelskih motora i SkyActiv-D motora s omjerom kompresije 14:1. Zahvaljujući tome, SkyActiv-D motorima nisu potrebni razni skupi sustavi za naknadnu obradu NO<sub>x</sub> plinova, te on i bez njih ispunjava trenutno najstrože i najnovije Euro 6 norme.

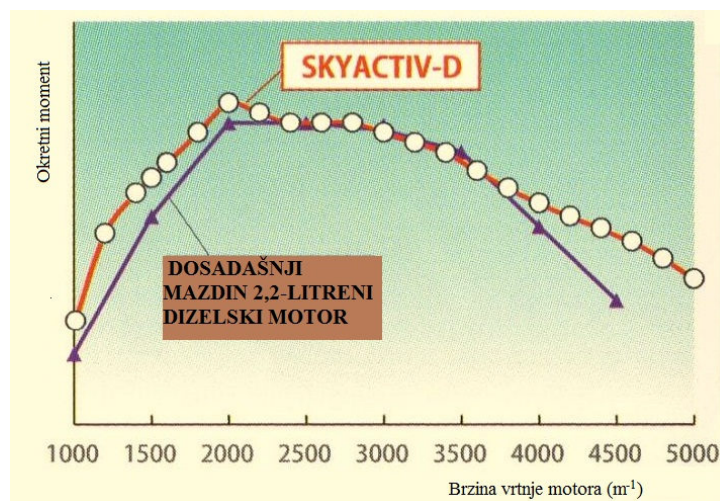


Slika 5.7. Smjesa zraka i goriva kod konvencionalnih i SkyActiv-D dizelskih motora [36]

Još jedna posljedica tempiranja izgaranja nakon što se klip iz GMT počne spuštati je smanjenje omjera ekspanzije. Omjer ekspanzije izravno utječe na rad koji klip obavi, što utječe na okretni moment motora. Što je tempiranje izgaranja bliže GMT, to će veći put, odnosno rad, klip obaviti na putu do DMT, što povećava učinkovitost motora (slika 5.8.). To je glavni razlog smanjenja potrošnje goriva u odnosu na dosadašnji Mazdin 2,2-litreni dizelski motor za 20%, kao i povećanja okretnog momenta (slika 5.9.).



Slika 5.8. Omjer ekspanzije trenutnog dizelskog i SkyActiv-D motora [32]



Slika 5.9. Okretni moment dosadašnjeg i SkyActiv-D motora [32]

Također, smanjenje omjera kompresija doprinijelo je i smanjenju maksimalnih tlakova unutar cilindra. To je omogućilo veliku uštedu na masi samog motora. Primjerice, moguće je bilo izraditi blok motora iz aluminija, što je uštedilo 25 kg. Manja naprezanja u motoru su omogućila uštede na masi klipova (25%), te glave motora (3 kg), čije su stijenke mogle biti puno tanje nego na dosadašnjem dizelskom motoru. Promjer rukavca radilice je smanjen sa 60 na 52 mm, što je, također, uštedilo 25% na masi. Naravno, sve to je rezultiralo i velikom smanjenju mehaničkog trenja unutar motora, dovodeći ga na razine prosječnog benzinskog motora.

Međutim, kao i visoki omjer kompresije kod benzinskog motora, i niski omjer kompresije kod dizelskog motora, također, donosi neke poteškoće u radu motora. Glavna poteškoća se odnosi na hladan rad motora, tj. na paljenje hladnog motora i rad u fazi zagrijavanja. Budući da je omjer kompresije utjecao na smanjenje temperature izgaranja, pri hladnom radu bi te temperature mogle biti premale da uopće dođe do izgaranja. Prva stavka, koja je poboljšana, kako bi se riješio taj problem, su brizgaljke. U motor su implementirane piezo brizgaljke s više rupica, koje imaju mogućnost ubrizgavanja čak 9 puta u jednom izgaranju. Ta preciznost u podešavanju količine i tempiranja ubrizgavanja povećava sposobnost kontrole omjera smjese, što omogućava paljenje motora pri niskim temperaturama. Također, ugrađeni su brzi keramički grijači, koji su zaduženi za zagrijavanje plinova za prvi ciklus izgaranja.



Slika 5.10. Primjer keramičkog grijača [37]

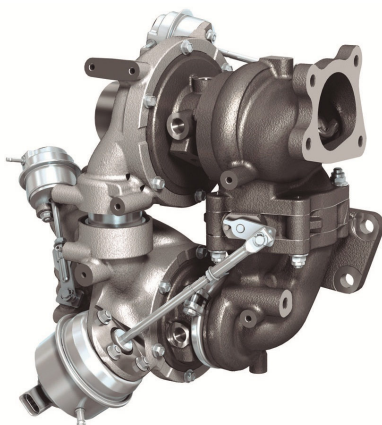


Nakon prvog ciklusa izgaranja, sustav promjenjivog podizanja ispušnih ventila (VVL), prikazan na slici 5.11., ne zatvara ispušni ventil, već ga drži otvorenim, kako bi dio ispušnih plinova ušao u cilindar prilikom usisa, podižući temperaturu u cilindru, što omogućuje idući ciklus izgaranja.



Slika 5.11. VVL sustav [36]

Jedna od najvažnijih komponenti dizelskog motora, kad se radi o povećanju učinkovitosti i okretnog momenta motora, je turbopunjač. Turbopunjači ne pomažu dizelskim motorima samo u povećanju okretnog momenta, nego poboljšavaju i iskorištenost goriva, pritom smanjujući štetne emisije. SkyActiv-D motor koristi dvostupanjski turbopunjač, prikazan na slici 5.12.



Slika 5.12. Turbopunjač SkyActiv-D motora [38]

To uključuje jedan mali i jedan veliki turbopunjač, kojima se selektivno upravlja, ovisno o uvjetima vožnje. Manji turbopunjač bržeg odziva opskrbljuje cilindre zrakom pri niskim brzinama motora, kako bi ostvario okretni moment pri malim brojevima okretaja motora i izbjegao „turbo rupu“. Turbo rupi je svojstven iznimno mali okretni moment i slab odziv na gas. Uzrokuje ju manjak tlaka ispušnih plinova koji bi trebao zavrtnuti turbinu turbopunjača na brzinu potrebnu da se ostvari potrebni tlak. Zajedno, dva turbopunjača osiguravaju visoki moment i odziv pri malim brzinama, te veliku snagu pri vrlo visokim okretajima motora. Sinergijski učinak dvostupanjskog turbopunjača i niski omjer kompresije omogućava optimalno tempiranje izgaranja. Budući da je pružena dovoljna opskrba zrakom (kisikom), emisije NO<sub>x</sub> plinova i čađe zadržane su na najnižim mogućim razinama.

### 5.1.3. SkyActiv-Drive automatski mjenjač

Pri razvoju potpuno novog automatskog mjenjača za nove modele vozila, glavni kriteriji koje je Mazda htjela ispuniti su: smanjenje potrošnje goriva, osiguravanje izravnog odziva na pritisak papučice gasa, glatko mijenjanje brzina i ostvarivanje udobnog ubrzavanja. Htjeli su objediniti prednosti svih vrsta automatskih mjenjača, a izbaciti njihove nedostatke. U tablici 5.1. prikazane su prednosti i nedostaci tradicionalnih automatskih mjenjača, mjenjača s dvije spojke i CVT mjenjača (Continuously variable transmission, odnosno kontinuirano varijabilni prijenos). Mazdin novi SkyActiv-Drive automatski mjenjač je kombinacija prednosti svakog od tih mjenjača.

Tablica 5.1. Usporedba automatskih mjenjača [39]

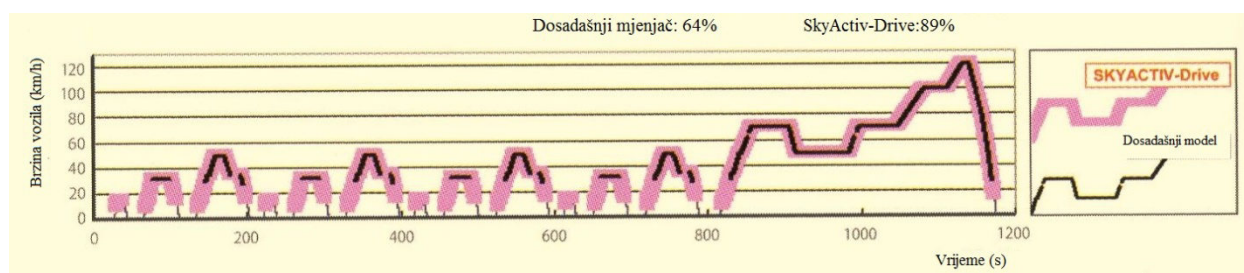
KRITERIJ		VRSTA MJENJAČA			
		CVT	Mjenjač s dvije spojke	Klasični automatik	SkyActiv-Drive
Potrošnja goriva	pri niskim brzinama	+	+	0	+
	pri visokim brzinama	-	+	+	+
Pokretanje vozila		+	-	+	+
Pokretanje vozila na uzbrdici		+	-	+	+
Osjećaj "izravnosti"		-	+	0	+
Glatko mijenjanje brzina		+	0	0	+

"+": bolje  
 "0": prosječno  
 "-": lošije

Svaka vrsta mjenjača ima svoje prednosti, a svako tržište u svijetu ima svoje kriterije. Pa tako CVT mjenjači najbolje ispunjavaju zahtjeve japanskog tržišta, mjenjači s dvije spojke se najbolje prodaju u Europi, dok je sjevernoameričko tržište najvjernije klasičnim automatskim mjenjačima. Mazda je htjela razviti jedan jedini mjenjač, temeljen na klasičnom mjenjaču, s preuzetim prednostima CVT-a i mjenjača s dvije spojke, koji bi ispunjavao zahtjeve sva tri tržišta istovremeno. Temelj SkyActiv-Drive mjenjača je novi pretvarač momenta s dramatično proširenim režimom rada krute povezanosti pogonske i gonjene strane za svih šest brzina.

Kod klasičnog automatskog mjenjača, pretvarač momenta prenosi moment motora na mjenjač. Proces prijenosa momenta u mjenjaču, kao i mijenjanje brzina, se vrši uz pomoć ulja, tj. hidraulike mjenjača, kako bi pokretanje vozila i mijenjanje brzina bilo glatko. Međutim,

prijenosom momenta pomoću ulja javljaju se gubici. Ti gubici se očituju kao povećana potrošnja goriva i neujednačenost između ubrzanja vrtnje motora i kotača. Gubitaka nema (točnije, minimalni su) kada su pogonska i gonjena strana kruto povezane, tj. vrte se istom brzinom. To je najpovoljniji režim rada mjenjača, u kojem se najviše snage motora prenosi izravno na kotače, što smanjuje potrošnju goriva (4-7% s obzirom na dosadašnji model). Omjer krute povezanosti pogonske i gonjene strane povećan je s 64%, kod dosadašnjeg modela mjenjača, na 89%, kod SkyActiv-Drive automatskog mjenjača. Slika 5.13. prikazuje primjer jednog ciklusa vožnje s usporedbom vremena u kojem su oba mjenjača bila u režimu rada s krutom povezanošću.



Slika 5.13. Udio vremena krute povezanosti spojke [39]

Visokoprecizni hidraulični sustavi su ključni u ovakvoj konstrukciji. Stoga, da bi se omogućilo potrebno brzo i precizno podešavanje tlaka ulja, Mazda je opremila SkyActiv-Drive mjenjač s mehatroničkim modulom, čija je zadaća osigurati pravovremenu, brzu i glatku promjenu brzine. Problem koji se javio povećavanjem omjera režima rada krute povezanosti jest povećanje buke i vibracija. Međutim, budući da su neki dijelovi mjenjača, zbog 89-postotnog rada u režimu krute povezanosti, mogli biti smanjeni, time je nastalo dovoljno mjesta za ugradnju većeg prigušivača, čija je glavna zadaća smanjenje upravo buke i vibracija.



Slika 5.14. SkyActiv-Drive automatski mjenjač [40]

#### 5.1.4. SkyActiv-MT ručni mjenjač

Iako su automatski mjenjači vrlo popularni na američkom i japanskom tržištu, u Europi i dalje prevladavaju ručni mjenjači. Kao kriterij pri razvoju novog ručnog mjenjača postavljen je sportski osjećaj mijenjanja brzina kod modela MX-5. Mazda MX-5 je poznata po svojem mjenjaču izuzetno kratkog hoda s nevjerojatno izravnim osjećajem pri mijenjanju brzina. Drugi postavljeni kriterij bio je smanjenje mase cijelog mjenjača radi povećanja njegove učinkovitosti i smanjenja potrošnje goriva.

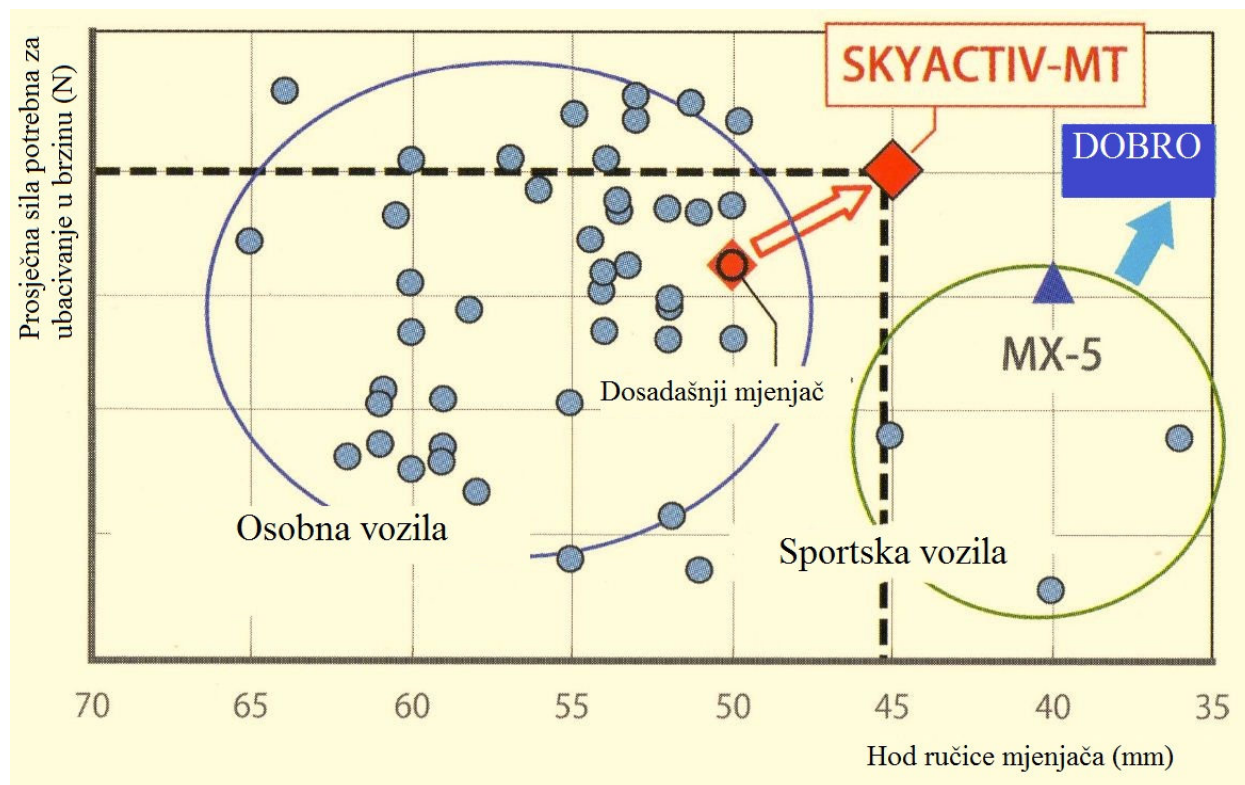


Slika 5.15. SkyActiv-MT ručni mjenjač [40]

Novi ručni mjenjač će se proizvoditi u dvije varijante, kako bi se ispunili različiti zahtjevi okretnog momenta motora. Budući da je ručni mjenjač prilično jednostavne konstrukcije, vrlo je teško bilo pronaći nove mogućnosti za njegovim poboljšanjem i uštedom na masi. Međutim, proučavanjem svakog pojedinog dijela i njegove funkcionalnosti, Mazda je smanjila masu novog ručnog mjenjača u odnosu na dosadašnji 6-stupanjski ručni mjenjač za 7-16% (ovisno o modelu). Zahvaljujući uvedenim inovacijama (primjerice, zajednička osovina za prvu brzinu i brzinu za vožnju unatrag), smanjen je ukupno potrebni broj dijelova u mjenjaču, te su smanjene dimenzije nekih dijelova. Sveukupno je u masi zupčanika uštedeno 3 kg.



Što se tiče osjećaja mijenjanja brzina, postignut je hod ručice mjenjača, od praznog hoda do bilo kojeg stupnja prijenosa, od samo 45 mm. Slika 5.16. prikazuje hod ručice mjenjača i silu potrebnu za ubacivanje u stupanj prijenosa, gdje je očito smanjenje hoda ručice u odnosu na dosadašnji model.

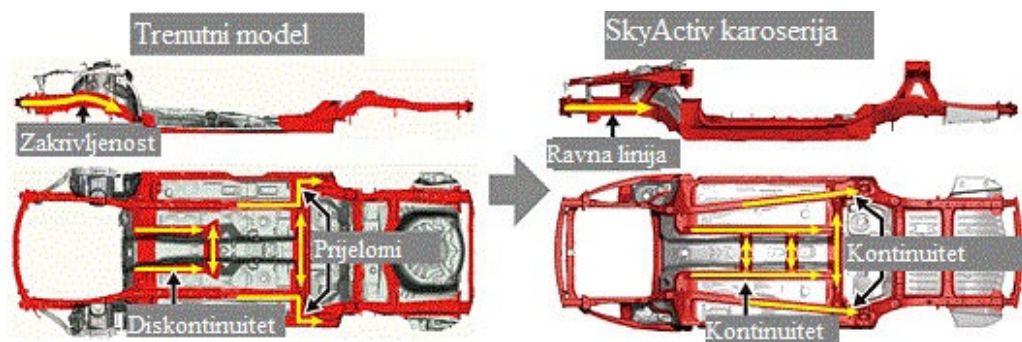


Slika 5.16. Hod ručice mjenjača i sila potrebna za ubacivanje u brzinu [32]

Novi ručni mjenjač je izrađen s ciljem kontinuiranog osjećaja lakoće ubacivanja u brzinu. Kako bi se povećala preciznost i svježina, ručica je konstruirana tako da otpor bude umjeren jak pri početku ubacivanja i postupno se olakšava, kako bi se dobio osjećaj da mjenjač glatko ulazi u slijedeću brzinu.

### 5.1.5. SkyActiv karoserija

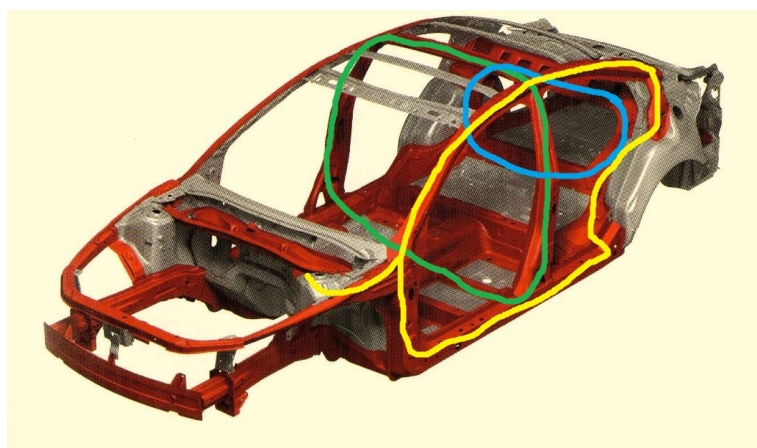
Kada je u pitanju razvoj novih SkyActiv karoserija, glavni ciljevi su bili, naravno, smanjenje mase i povećanje krutosti vozila. Smanjenje mase rezultira boljim voznim karakteristikama, manjom potrošnjom goriva, manjom emisijom štetnih plinova, dok povećanje krutosti rezultira većom sigurnosti vozila. Očito je kako je karoserija vrlo bitan čimbenik u ispunjavanju svih zahtjeva navedenih u prošlom poglavlju. Slika 5.17. prikazuje dva koncepta, kojima se Mazda vodila u razvoje nove karoserije: ravnim strukturama i kontinuiranim okvirima.



Slika 5.17. Dva koncepta razvoja nove SkyActiv karoserije [41]

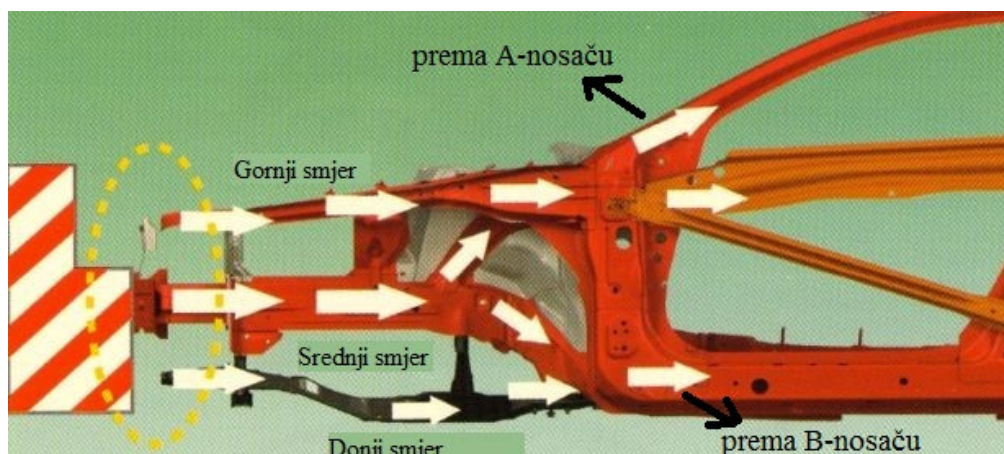
Na slici 5.15. se jasno vide ravne linije koje čine novu karoseriju. Gdje god je moguće, zakrivljene linije su izravnate, te je razvijen kontinuirani okvir od prednjeg od zadnjeg dijela vozila. Izbjegavani su prijelomi i zakrivljene linije, jer se tako štedi na masi, ali i zbog toga što na prijelomima između dva presjeka dolazi do povećanja naprezanja zbog zareznog djelovanja. Naprezanja koja se javljaju pri udarcima se najbolje prenose ravnim, kontinuiranim linijama, te tako cijela karoserija preuzima eventualni udarac i naprezanje, umjesto da se naprezanje koncentrira samo na jednom mjestu.

Također, na slici 5.18. prikazan je princip razvoja četiri kontinuirana okvira koja spajaju donji i gornji dio karoserije, poboljšavajući tako krutost karoserije.



Slika 5.18. Četiri kontinuirana okvira karoserije [32]

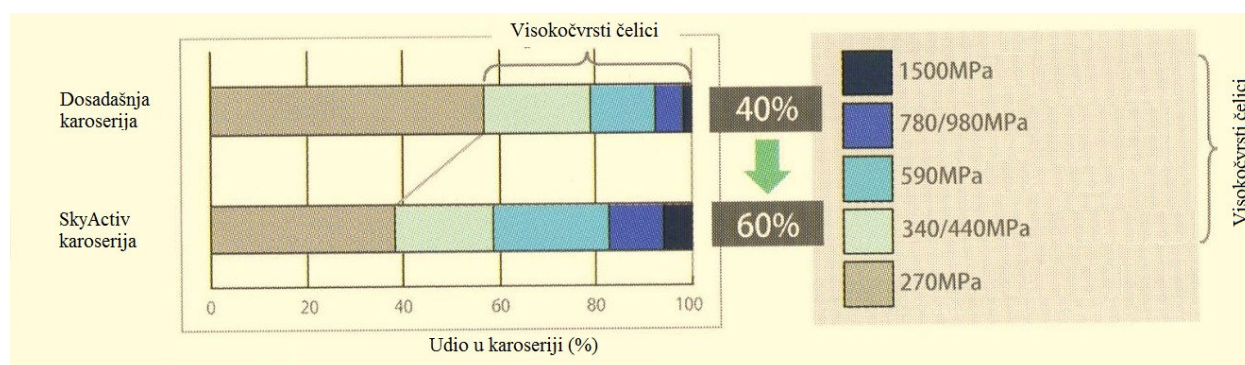
Također, kako bi se povećala sigurnost pri sudarima, primijenjena je struktura širenja naprezanja u više smjerova. Ta strukutra je prikazana na slici 5.19.



Slika 5.19. Širenje naprezanja pri sudaru [32]

Ovakva struktura učinkovito preuzima opterećenje u trenutku sudara i širi ga u više smjerova te tako višestruko smanjuje naprezanje na svaki pojedini dio karoserije. Naprezanje nastalo udarom u prednji dio vozila, širit će se u tri smjera: prema A-nosaču, prema bočnom dijelu karoserije i prema B-nosaču. Također, dio karoserije koji prenosi naprezanje na A-nosač, služi kako bi poništio kretanje prednjeg dijela karoserije prema gore, tj. njegovo podizanje. Ovakva strukutra prijenosa naprezanja vrijedi i za bočne udarce i udarce u zadnji kraj vozila, čime je znatno povećana sigurnost vozila.

Naravno, vrlo utjecajni čimbenik u smanjenju mase i povećanju čvrstoće karoserije su i korišteni materijali. Primjetno je znatno povećanje udjela visokočvrstih čelika (s 40% na 60%), koji su vrlo lagani, a velike su čvrstoće i krutosti. Slika 5.20. prikazuje usporedbu udjela vrsta čelika korištenih u dosadašnjoj karoseriji i u novoj SkyActiv karoseriji.



Slika 5.20. Udio pojedinih vrsta čelika u karoseriji [32]

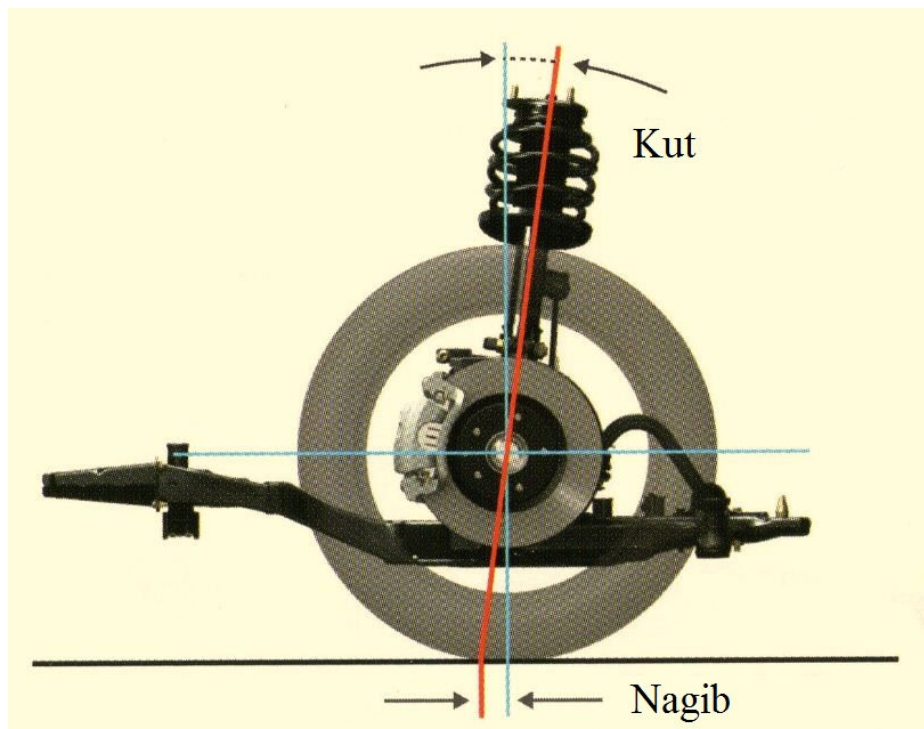


### 5.1.6. SkyActiv šasija

Kao i kod karoserije, i u razvoju nove šasije se također željelo što više uštedjeti na masi. Mazda je htjela postići osjećaj jedinstva između vozača i automobila („Jinba Ittai“), čineći iskustvo vožnje sigurnim i udobnim, ali u isto vrijeme uzbudljivim i zabavnim. Kako bi se to ostvarilo, potrebno je postići slijedeće ravnoteže:

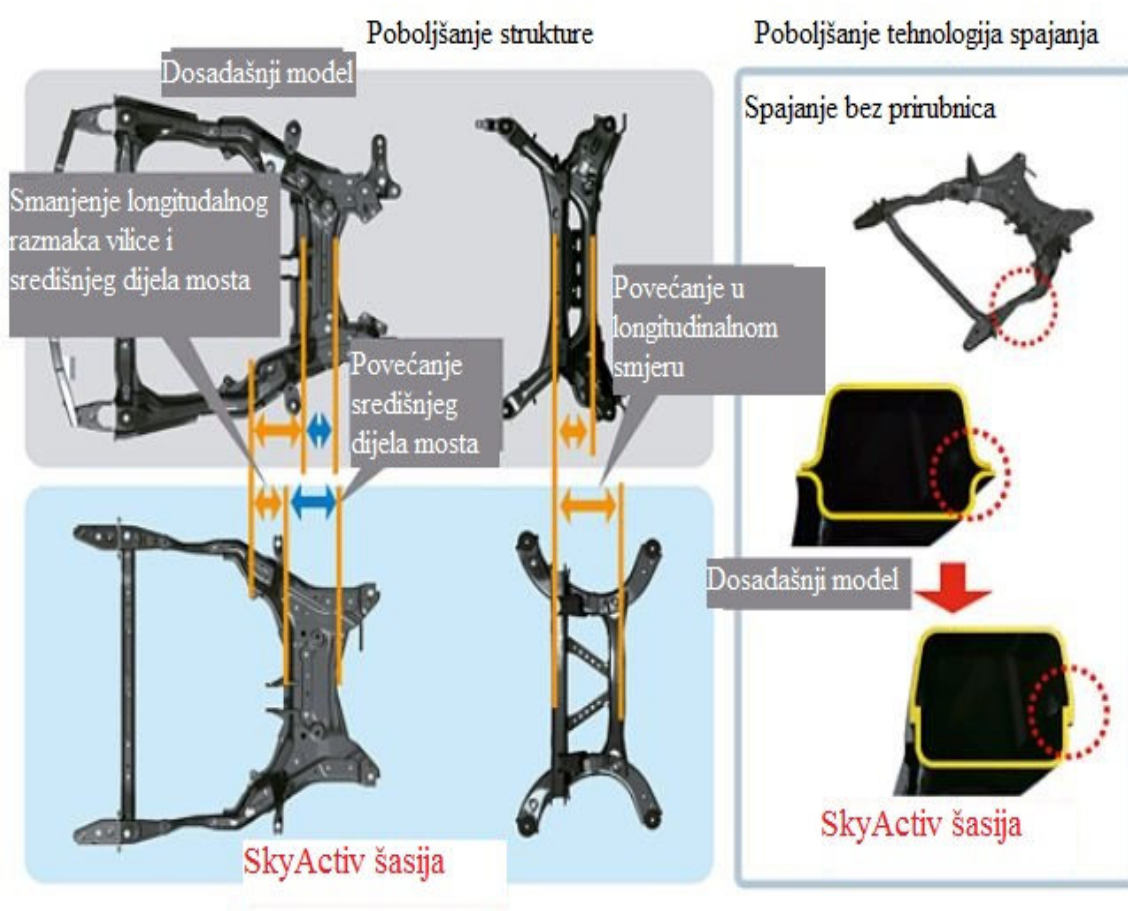
- kombinacija okretnosti pri nižim i srednjim brzinama, te stabilnosti pri visokim brzinama
- ravnoteža između udobnosti vožnje i okretnosti pri nižim i srednjim brzinama
- smanjenje mase uz izvrsnu krutost vozila

Prednji i zadnji ovjes su potpuno rekonstruirani, kako bi odgovorili na sve ove zahtjeve. Razvijen je potpuno novi električni sustav servo-upravljača, koji pruža trenutni odziv i pri najmanjim brzinama. Međutim, to uzrokuje preveliku osjetljivost upravljača pri velikim brzinama. Stoga je poboljšán zadnji ovjes, te povećano prijanjanje zadnjih kotača na cestu, kako bi se taj efekt minimizirao. Također, povećan je zatur (slika 5.21.), odnosno uzdužni nagib osi zakretanja kotača, koji povećava moment pri skretanju kotača, čineći upravljač čvršćim pri višim brzinama. Pri nižim se brzinama povećava utjecaj električnog servo-upravljača, kako bi se olakšalo upravljanje na tim brzinama. Isto tako, omjer upravljača je povećan, kako bi pružio veću okretnost pri malim brzinama.



Slika 5.21. Zatur [32]

Promjene su doživjeli i prednji i zadnji most. Uz pomoć CAE sustava (Computer-aided Engineering), određena je optimalna struktura koja ispunjava sve zahtjeve funkcionalnosti. Centralni fokus u smanjivanju mase šasije su dobili prednji i zadnji most. Na prednjem mostu je produljena longitudinalna duljina središnjeg dijela mosta, što je automatski smanjilo longitudinalni razmak između središnjeg dijela mosta i vilice. Ista metoda je primijenjena i na zadnjem mostu. Također, potpuno su izbačene prirubnice za spajanje dijelova, kako bi se povećala krutost šasije. Sve ove promjene pridonijele su smanjenju mase šasije za 14% u odnosu na dosadašnju šasiju, dok je njena krutost, a samim time i stabilnost vozila, povećana. Razlike između prednjeg i zadnjeg mosta dosadašnjeg modela i nove SkyActiv šasije može se vidjeti na slici 5.22.



Slika 5.22. Poboljšanja SkyActiv šasije [42]

## 5.2. OSTALI PRIMJERI

### 5.2.1. VW Golf VII

Volkswagen je u rujnu 2012. godine prezentirao novi model svog daleko najprodavanijeg modela vozila, Golf VII (slika 5.23.).



Slika 5.23. Golf VII [43]

Glavna vodilja u razvoju novog modela Golfa je bilo smanjenje mase. Volkswagen je tu strategiju nazvao „laka konstrukcija“. U odnosu na prijašnji model, „šesticu“, izgubio je na masi čak i do 100 kg. Gubitak mase je raspodijeljen na slijedeći način: [44]

- elektronski sustavi – 3 kg
- agregati – 22 kg
- dodatna oprema – 12 kg
- podvozje – 26 kg
- karoserija – 37 kg

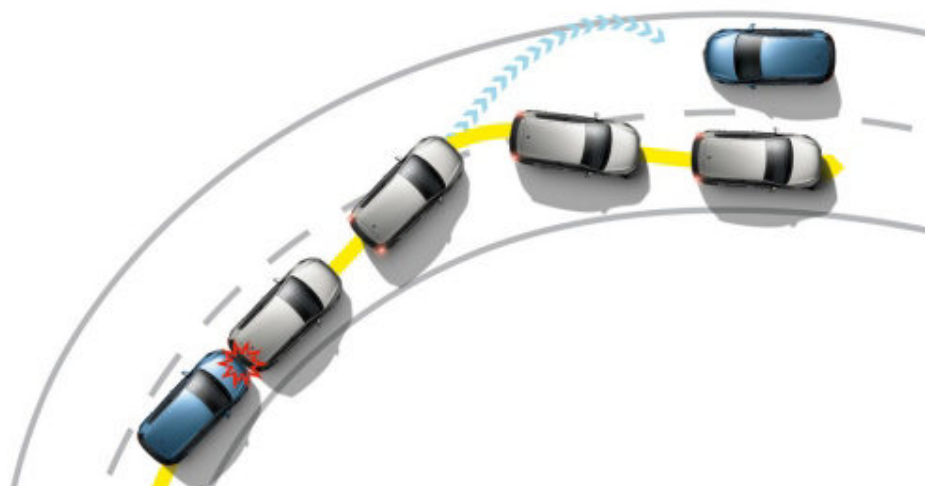
Vidljivo je da najveći udio u gubitku mase zauzima karoserija. Njena masa je smanjena na 245 kg (odnosno za 8,6%). To je postignuto primjenom novih tehnologija proizvodnje i upotrebom visokočvrstih čelika. Visokočvrsti čelik je toplinski obrađen i oblikovan. Udio takvog čelika se, u usporedbi s dosadašnjim modelom, popeo sa 6% na 28%. Toplinski obrađene komponente imaju 6 puta veću čvrstoću u odnosu na duboko vučeni čelik. Ukupno se karoserija sastoji od čak 80% visokočvrstih čelika, što čini Golf VII 22 kg lakšim vozilom od slijedećeg najlakšeg vozila iz te klase, BMW-a 1. [44]

Sve pojedinačne komponente slažu se u karoseriju u proizvodnim jedinicama, tzv. „Konzern-Framer“. To su automatizirane proizvodne jedinice, u kojoj se svi dijelovi karoserije sastavljaju i zavaruju s visokom točnošću i preciznošću. Proizvodna tolerancija je jedna desetina

milimetra. Brzina proizvodnje je jedna karoserija u minuti, a u takvim automatiziranim proizvodnim jedinicama se može proizvesti do četiri modela karoserija. Proizvodni sustav za karoserije se sastoji od 7 takvih proizvodnih jedinica, što daje ukupno 420 proizvedenih karoserija u jednom satu.

Pri zavarivanju karoserije, VW je razvio novu tehniku zavarivanja, tzv. „Wobbel-tehniku“. Pri tome laseri, tj. roboti za zavarivanje, rade u laserskim kabinama, u kojima zraka lasera pravi niti zavarivanjem. Ta tehnika značajno smanjuje broj točaka zavarivanja na karoseriji, te koristi 20% manje energije u odnosu na točkasto zavarivanje. Čvrstoća takvog zavara je u odnosu na točkasto zavarivanje povećana za čak 40%. To omogućuje velike uštede na masi, jer prirubnice, potrebne za zavarivanje, mogu biti manjih dimenzija. Primjerice, pri zavarivanju B-nosača na poprečni rameni nosač, potrebno je 9 takvih niti koje povlači laser, umjesto 26 točaka varenja pri točkastom zavarivanju. Time je masa B-nosača smanjena za 0,8 kg.

Volkswagen je u svoj novi model Golfa uveo i neke inovativne elektronske sustave sigurnosti. U prvom redu, to je tzv. multikolizijska kočnica. Pri udaru od strane drugog vozila straga, sustav automatski koči vozilo kako bi smanjilo kinetičku energiju nastalu sudarom. Time se pokušava ublažiti ili potpuno spriječiti mogući novi sudar u drugo vozilo ili objekt ispred. Slika 5.24. pokazuje funkcioniranje sustava multikolizijske kočnice.



Slika 5.24. Multikolizijska kočnica [45]

Također je inovacija i sustav automatske kontrole udaljenosti. Sustav održava unaprijed određenu brzinu i definirani razmak, te usporava ili ubrzava automatski, u prometu. Ovisno o mjenjaču, ta funkcija stoji na raspolaganju za brzine od 0(30) do 160 km/h. Kod vozila s mjenjačima s dvostrukom spojkom, sustav može u potpunosti zakočiti, te start/stop sustavom automatski pokrenuti vozilo.

Smanjenje potrošnje goriva i emisije štetnih plinova je, osim velikom uštedom na masi, dobiveno još jednom inovacijom, sustavom aktivnog upravljanja cilindrima. Ovaj se sustav prvi puta koristi u velikoserijskom četverocilindričnom motoru. Sustav je aktivan samo pri nižim i srednjim opterećenjima, a funkcionira tako da isključuje 2 cilindra, te motor radi samo na preostala 2 cilindra. Na 100 prijeđenih kilometara, to donosi uštedu od otprilike 0,4 l. Isključivanje se može aktivirati pri brzini vrtnje motora od 1400-4000 min<sup>-1</sup>, ali pri okretnom momentu od 85 Nm ili manjem. Tako bi 1,4-litreni turbobenzinac trebao trošiti samo 4,8 l benzina na prijeđenih 100 km, s izuzetno malom emisijom ugljičnog dioksida od 112 g/km. [44]

### 5.2.2. Volvo V40

Volvo je oduvijek slovio za proizvođača najsigurnijih automobila. Taj trend je nastavljen i njihovim najnovijim modelom V40 (slika 5.25).



Slika 5.25. Volvo V40 [46]

Dodatkom brojnih visoko tehnoloških komponenti za sigurnost i podršku, Volvo V40 je postao jedan od najsigurnijih osobnih automobila trenutno na tržištu. Vjerojatno najznačajnija inovacija implementirana u sigurnosnom sustavu Volva V40 je sustav otkrivanja pješaka. Budući da statistike pokazuju da u Europi u 14% nesreća stradavaju pješaci (u SAD-u 12%, a u Kini 25%), [47] očito je da je nužno uvesti nove sigurnosne sustave, koji neće štititi samo vozača i putnike u automobilu, nego i one izvan njega, tj. pješake.

Sustav otkrivanja pješaka s funkcijom automatskog kočenja je tehnologija koja može detektirati pješaka ispred vozila. Ukoliko vozač ne reagira na vrijeme, automobil ga upozorava i po potrebi samostalno koči. Sustav se sastoji od radara, smještenog u masku hladnjaka, kamere, smještene na poledini retrovizora, te centralne kontrolne jedinice. Sustav otkriva pješake od 80 cm visine naviše, te određuje razmak, dok inteligentna kamera ima sposobnost praćenja uzorka kretanja pješaka te određivanja tendencije njegovog stupanja pred vozilo. Kada sustav prepozna



moguću opasnost, vozaču se šalje audio-vizualno upozorenje, a ako vozač ne reagira, automobil automatski koči, smanjujući silinu ili potpuno izbjegavajući udar. [47]

U slučaju da do udara pješaka ipak dođe, senzori u prednjem braniku registriraju kontakt s pješakom. Poklopac motora se automatski podiže, te se ispušta posebno dizajnirani zračni jastuk (slika 5.26.), koji prekriva veći dio vjetrobranskog stakla i A-nosače, te ublažava udarac pješaka u te dijelove vozila.



Slika 5.26. Zračni jastuk za pješake [48]

Sustav automatskog kočenja ne primjenjuje se samo na pješake. Sustavi Collision Warning i Auto Brake služe kao pomoć vozaču, ukoliko vozač na vrijeme ne uoči vozilo ispred sebe ili ne reagira na audio-vizualna upozorenja koja mu sustav šalje u slučaju mogućnosti sudara. Pri brzini od 35 km/h ili manjoj, moguće je u potpunosti izbjeći nalet na vozilo ispred.

Također, studija istraživačkog instituta TNS [47] otkrila je da čak trećina europskih vozača ima problema s bočnim parkiranjem. Stoga je Volvo u svoj model V40 ugradio novi sustav pomoći pri bočnom parkiranju – Park Assist Pilot. U vozilo su ugrađeni prednji, stražnji i bočni akustični senzori, koji mogu automatski prepoznati adekvatno bočno parkirno mjesto, koje mora biti minimalno jedne i pol dužine automobila. Sustav tada preuzima potpuno kontrolu nad manevriranjem vozila, dok vozač samo kontrolira ručicu mjenjača i brzinu vozila. Sustav, preko tekstualnih poruka i animacija, vozača navodi od početka do kraja parkiranja.

Jedna od većih poteškoća vozača, pogotovo u gradskoj vožnji, je mrtvi kut. Vozači često zaboravljaju provjeriti mrtvi kut prilikom prestrojavanja, te ne uočiti vozila koja se nalaze u traci u koju se misle prestrojiti. Volvo V40 ima ugrađeni BLIS sustav za nadzor mrtvog kuta, upozoravajući vozača na sva vozila koja se približavaju i do 70 metara iza njegovog vozila.

Upozorenje se vrši LED indikatorima u svakom A-nosaču, a funkcionira na obje strane vozila. Prvo se konstantnim svjetlucanjem vozač upozorava na nadolazeće vozilo u mrtvom kutu, da bi se aktiviralo ubrzano treperenje, ukoliko bi vozač nakon prvog upozorenja aktivirao pokazivač smjera s namjerom prestrojavanja. Također je uveden i sustav pomoći pri održavanju smjera, Lane Keeping Aid, koji je aktivan pri brzini od 65 do 200 km/h. On pomaže vozaču da ostane u svojoj prometnoj traci, a funkcionira tako da kamere nadgledaju oznake za prometne trake s obje strane vozila. Ukoliko vozilo krene napuštati prometnu traku, sustav zakreće upravljač, vraćajući vozilo u traku kojom se i kretalo, a ukoliko vozilo prijeđe u drugu traku, aktivira se vibriranje upravljača.

Studija, koju je proveo ERSO, [47] pokazala je da je neprilagođena brzina odlučujući faktor u 30% svih nesreća sa smrtnom posljedicom, te da bi se godišnje spasilo 100-150 života, kada bi se vozači pridržavali zadanih ograničenja brzine. Volvo je tome doskočio novim sustavom, Road Sign Information, koji se sastoji od kamere koja prati okruženje te prepoznaje znakove ograničenja brzine ili zabrane pretjecanja. Nakon što prepozna prometni znak, sustav obavještava vozača porukom na ekranu, te mu daje do znanja koje je ograničenje brzine na tom dijelu ceste. Slika 5.27. prikazuje princip rada nekih od tih elektronskih sigurnosnih sustava.



Slika 5.27. Elektronski sustavi sigurnosti Volva V40 [48]

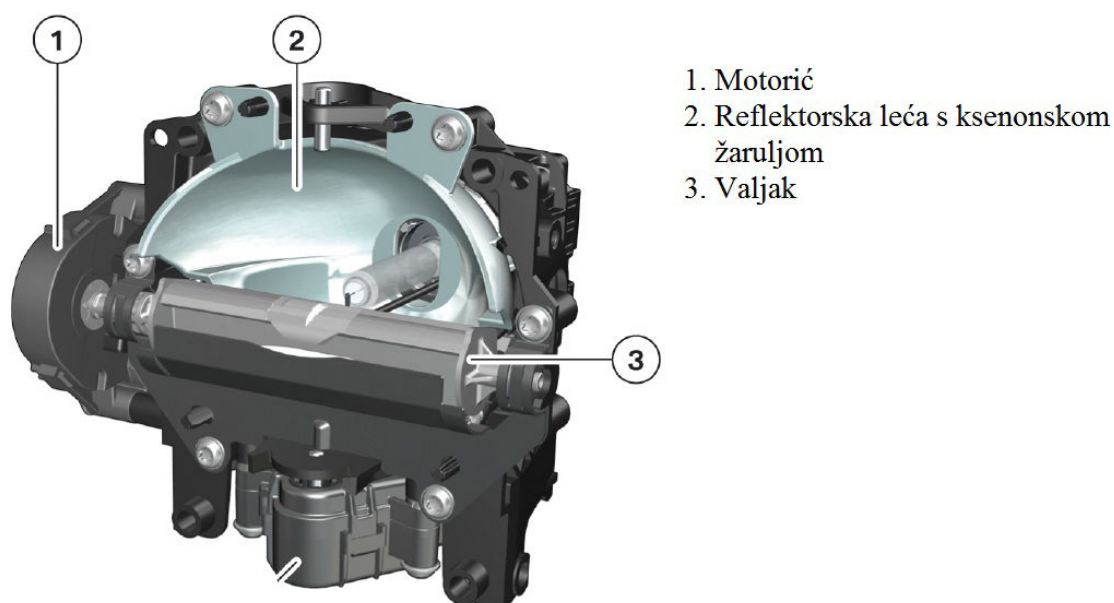
Svi ovi sustavi su rezultirali činjenicom da je novi Volvo V40 osvojio maksimalnih pet zvjezdica na posljednjem EuroNCAP sigurnosnom testiranju [49], a njegov ukupni rezultat je

najbolji u povijesti ovog instituta. EuroNCAP daje ukupnu ocjenu za svaki testirani automobil, koja se dobija testiranjem u četiri različite kategorije. Te kategorije su zaštita odraslih, zaštita djece, zaštita pješaka te kategorija ugrađenih sigurnosnih sustava.

Kod Volva V40 nije samo ukupni rezultat rekordan. U kategoriji zaštite odraslih je, također, zabilježio najbolji rezultat ikad, s 98% osvojenih bodova. U kategoriji ugrađenih sigurnosnih sustava je zabilježio maksimalan mogući rezultat, što i ne čudi s obzirom na gore nabrojane sustave implementirane u taj automobil. Rekord je, također, postavljen i u kategoriji zaštite pješaka, s maksimalnim mogućim rezultatom. To je bilo i za očekivati, zbog toga što je to jedino vozilo koje ima posebni zračni jastuk za pješake i sustav koji prepoznaje mogući nalet na pješaka te koči automobil. Ovaj sustav je trenutno svjetski novitet, te preostaje vidjeti koliko će biti potrebno da i ostali proizvođači počnu slične sustave implementirati u svoja vozila.

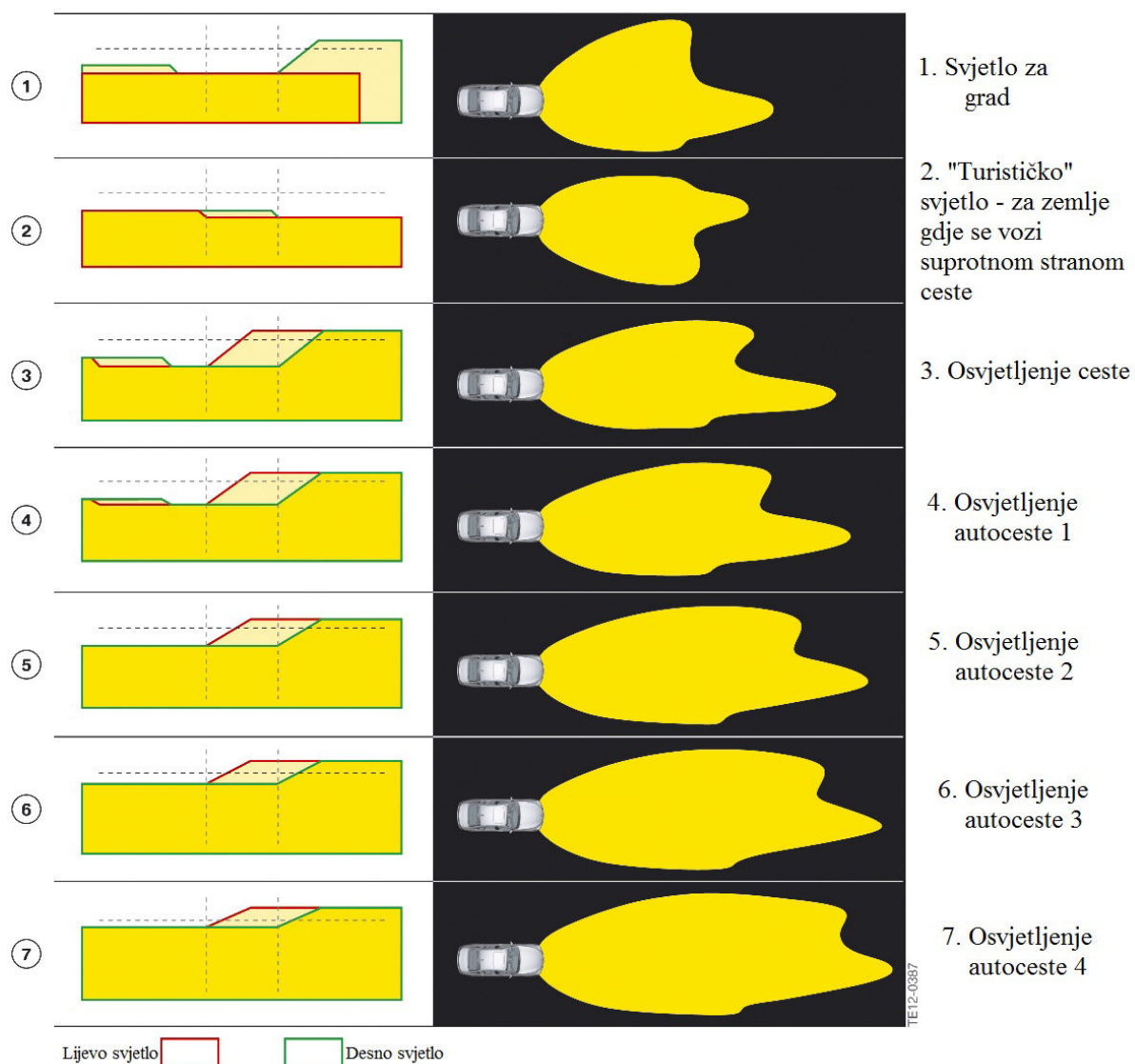
### 5.2.3. BMW 7

BMW je u svoj najnoviji model serije 7 ugradio niz inovacija, koje se uglavnom odnose na elektronske sustave povećanja sigurnosti, pomoći vozaču te osvjetljenja. U ovom će poglavlju biti navedene samo neke od njih. Novost u sustavu za osvjetljenje su bi-ksenonska prilagodljiva svjetla. [50] Između ksenonske žarulje i leće smješten je valjak, kojeg pokreće motoriće. Valjak se može postaviti u 15 različitih položaja. Površina valjka se sastoji od različitih kontura, koje se mogu okrenuti prema žarulji. Te konture služe za ostvarivanje različitih načina osvjetljenja, ovisno o uvjetima na cesti. Slika 5.28. prikazuje konstrukciju takvog svjetla.



Slika 5.28. Biksensko prilagodljivo svjetlo [50]

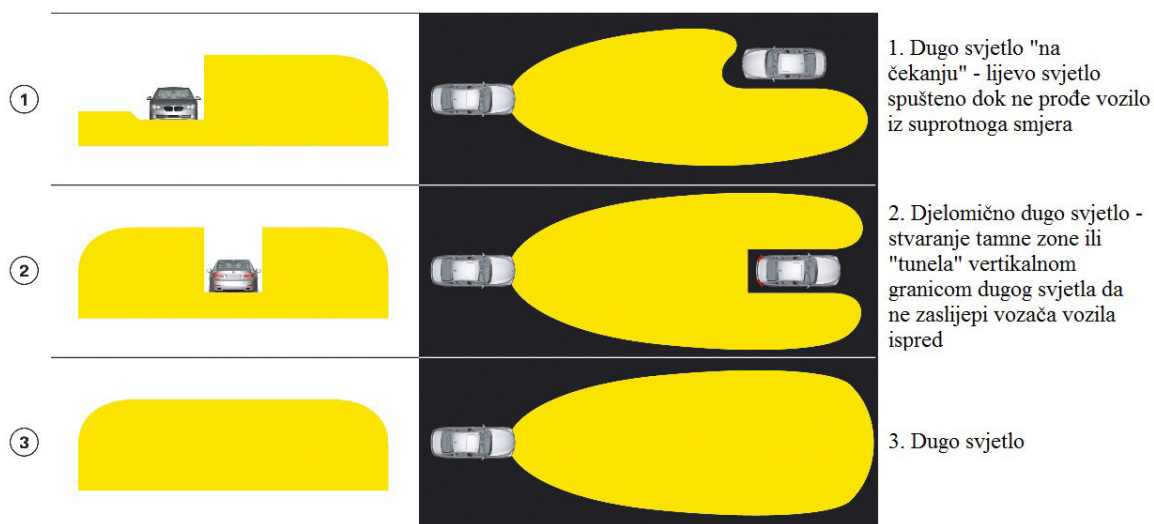
Ovisno o vrsti prometnice, te o brzini vožnje, sustav za upravljanje svjetlima automatski bira između različitih načina osvjetljenja. Svaki način osvjetljenja određen je jednom konturom valjka. Na slici 5.29. prikazani su svi načini osvjetljenja koje je moguće podesiti rotacijom valjka u određeni položaj. Lijevo je prikazana njihova projekcija na zidu, a s desne strane ilustracija osvjetljenja ceste.



Slika 5.29. Postavke kratkog svjetla [50]

To su sve moguće postavke osvjetljenja za kratko svjetlo. Za dugo svjetlo postoje još 3 postavke, koje su prikazane na slici 5.30.





Slika 5.30. Postavke dugog svjetla [50]

Ovakve postavke svjetala znatno povećavaju sigurnost vožnje noću, ne zaslijepljujući druge sudionike u prometu, a opet zadržavajući izvrsnu vidljivost i preglednost ceste u svakom trenutku.

BMW 7, također, ima sustav prepoznavanja pješaka, nazvan BMW Night Vision. [51] Ono što je specifično za BMW-ov sustav je to da radi noću, tj. u mračnim uvjetima. Sustav, pomoću posebne kamere za noćno sminanje, prepoznaje pješake do 100 m udaljenosti i odašilje upozorenje vozaču. Ovisno o udaljenosti i položaju pješaka u odnosu na cestu, sustav odašilje blago ili oštro upozorenje vozaču. Blago upozorenje je žute boje, te pokazuje uočenog pješaka na većoj ili manjoj udaljenosti, na cesti ili u kretanju prema cesti. Vozač mora usporiti vozilo i biti spreman eventualno izbjeći pješaka. Oštro upozorenje se šalje samo u najkritičnijim situacijama, kad postoji trenutna opasnost od sudara. Ukoliko dođe do oštrog upozorenja, nesreća se može izbjeći jedino neposrednim naglim kočenjem ili obilaženjem pješaka. Primjer blagih i oštih upozorenja dan je na slici 5.31.



Slika 5.31. BMW Night Vision upozorenja [51]

Dodatna mogućnost BMW Night Vision sustava je dodatno osvjetljenje potencijalno ugroženih pješaka, tzv. Dynamic Light Spot sustav. [43] Pješaci, koje sustav prepozna kao potencijalno ugrožene pješake, mogu biti osvjetljeni na udaljenostima od 30 do 100 metara. Posebnost ovog sustava je u tome da on, uz jako osvjetljenje prepoznatih pješaka, baca snop svjetla po površini ceste prema pješaku. Tako je vozačeva pozornost usmjerena na potencijalnu opasnost, bez da je morao skinuti pogled s ceste. Na slici 5.32. se jasno vidi razlika između vozila s Dynamic Light Spot sustavom (desno) i vozila bez njega (lijevo). Vozilo s tim sustavom jasno osvjetljava pješake koji su potencijalno ugroženi na cesti, istovremeno zadržavši snop svjetla na površini ceste, ne oduzimajući time vozaču preglednost ceste.



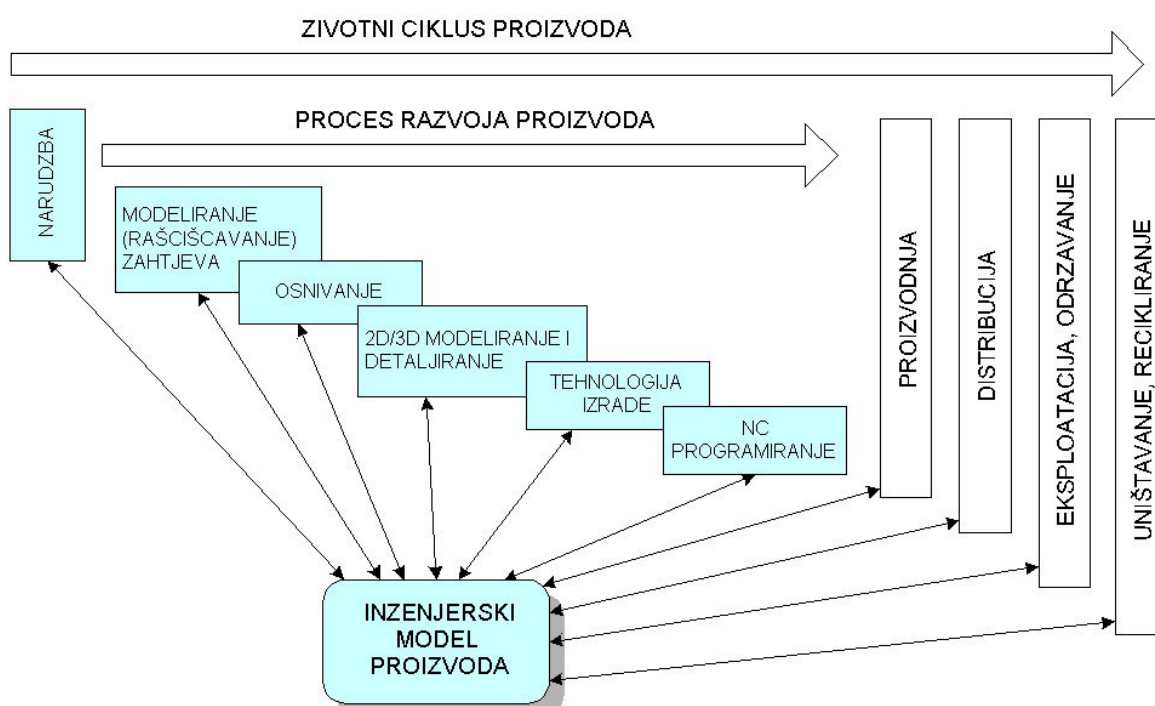
Slika 5.32. BMW Night Vision Dynamic Light Spot sustav [51]

### 5.2.4. Siemens PLM koncept

PLM (Product lifecycle management) u industriji označava kompletan proces upravljanja cjelokupnim životnim vijekom proizvoda, od njegova razvoja, proizvodnje, preko uporabe, do njegovog zbrinjavanja i reciklaže nakon prestanka uporabe. On predstavlja skup aktivnosti koje omogućuju tvrtkama efikasnu i efektivnu inovativnost, te upravljanje čitavim nizom aktivnosti koje su vezane za pojedine faze životnog ciklusa proizvoda. Proizvodnim poduzećima PLM sustavi omogućuju lakše opisivanje, definiranje, upravljanje i razmjenjivanje informacija o svojoj proizvodnji i proizvodima. Glavni ciljevi tog sustava su: [52]

- kreiranje strateških izvora podataka o proizvodima i procesima
- omogućavanje suradnje s kupcima, dobavljačima i partnerima
- unapređenje fleksibilnosti proizvoda i procesa

Princip rada PLM-a je stvaranje centralnog sustava upravljanja svim podacima vezanim uz proizvode i tehnologije, koji se koriste za pristup informacijama i znanju. Sustav je nastao iz raznih softverskih alata kao što su alati za konstruiranje potpomognuto računalom (CAD alati) i proizvodnju potpomognutu računalom (CAM alati), ERP sustavi, integrirano inženjerstvo i dr. On je, zapravo, kombinacija softvera i poslovne strategije, te mora pohranjivati i upravljati podacima za: osmišljavanje, konstruiranje i ostvarivanje proizvoda, te usluge vezane uz proizvod (prodaja, distribucija, održavanje, odlaganje, recikliranje). [53] Na slici 5.33. je prikazan životni ciklus proizvoda, koji bi u potpunosti morao biti pokriven PLM sustavom.



Slika 5.33. Životni ciklus proizvoda [52]

PLM sustavi obuhvaćaju četiri glavna područja:

- 1) Upravljanje proizvodom i proizvodnim portfeljom
- 2) Konstruiranje proizvoda
- 3) Upravljanje procesima proizvodnje
- 4) Upravljanje podacima o proizvodu

Siemens PLM Software jedna je od kompanija koja, specijalizirajući se u 2D i 3D PLM aplikacijama, proizvođačima nudi svoja softverska rješenja PLM sustava. Njihovi proizvodi su jedni od najzastupljenijih proizvoda za upravljanje životnim vijekom proizvoda u autoindustriji. Samo neki od korisnika njihovih proizvoda su Chrysler, Daimler AG (Mercedes, Maybach, Smart...), GM, Ford, VW, Nissan, Fiat, Suzuki, Mazda, Aston Martin, Red Bull Racing i mnogi drugi.

Siemensov PLM portfelj proizvoda se sastoji od mnogo softverskih paketa, od kojih su najznačajniji i, na tržištu, najzastupljeniji Teamcenter i NX. Teamcenter je najkorišteniji PLM softverski alat u svijetu. On pokreće inovacije i povećava produktivnost pružajući svima, koji rade na razvoju i proizvodnji proizvoda, znanja i vještine potrebne za uspjeh. Softverski paket se sastoji od mnogo pojedinačnih komponenata, namijenjenih povećanju produktivnosti poduzeća i povećanju kvalitete proizvoda, a ovdje su nabrojane samo neke od njih: [54]

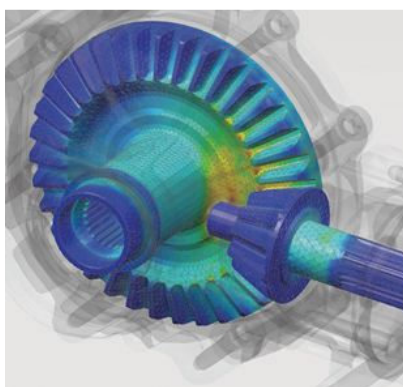
- Upravljanje materijalima – Omogućava učinkovito upravljanje popisima materijala, dijelova, sklopova i svega što je uključeno u proizvodnju nekog konačnog proizvoda.
- Zajednička suradnja – Temelji se na mrežnoj suradnji poduzeća, dobavljača i kupaca dijeljenjem informacija u sigurnom okruženju. Time se vrijeme i novac štede smanjenjem potrebnog vremena za dijeljenje informacija i znanja na velikim udaljenostima.
- Upravljanje dokumentima – U kombinaciji s Microsoft Office paketom, Teamcenter nudi snažan alat povezivanja sve potrebne dokumentacije nekog proizvoda, te njenog sinkroniziranja s promjenama na proizvodu.
- Upravljanje procesom inženjeringa – U softverskom paketu povezani su CAD, CAM i CAE alati, olakšavajući proces razvoja proizvoda iz jedne u drugu fazu, te povećavajući suradnju između različitih konstrukcijskih timova poduzeća, čime se smanjuje vrijeme razvoja, a povećava kvaliteta i produktivnost.
- Virtualne simulacije – Softverski alati Teamcenter paketa mogu stvoriti virtualne simulacije proizvoda i prototipa, čime se znatno pojeftinjuje testiranje i ispitivanje



proizvoda koji su još u razvoju. Alati funkcioniraju čak i pri korištenju različitih CAD sustava.

- Upravljanje proizvodnjom – Potpuno upravljivom bazom podataka proizvodnje, kao što su proizvodi, procesi, alati, strojevi, tvornice, materijali, sustav omogućuje potpuno praćenje, kontroliranje i simuliranje proizvodnje u svrhu poboljšanja procesa, skraćivanja vremena proizvodnje, povećanja kvalitete proizvoda i smanjivanja njegove cijene.
- Upravljanje kvalitetom – Posebni alati omogućuju identificiranje, analizu i dijeljenje ključnih podataka o kvaliteti proizvoda unutar cijelog sustava. To je ostvareno primanjem informacija o različitim vrstama žalbi, grešaka i nesukladnosti, te njihovim istraživanjem i rješavanjem problema, putem formaliziranog procesa.
- Integracija dobavljača – Današnji automobil rezultat je skupa proizvoda mnogo različitih dobavljača. Ovaj sustav omogućuje proizvođačima potpunu kontrolu nad svim dobavljačima, te njihovo uključivanje u proces razvoja proizvoda, što znatno smanjuje rizik i mogućnost nesporazuma i problema između dobavljača i proizvođača.

NX je drugi najvažniji i najzastupljeniji softverski paket Siemens PLM sustava. [55] Njegove glavne zadaće su omogućavanje konstruiranja, analize (statičke, dinamičke, termalne i dr.) i projektiranja proizvodnog procesa za neki proizvod, kao i njegove simulacije. Što se tiče konstruiranja, on omogućuje proizvođačima konstruiranje različitih vrsta proizvoda, kao što su mehaničke, električne, elektroničke komponente, pakiranja za prehrambene proizvode i dr., pomoću ugrađenog CAD alata. Nakon konstruiranja, proizvode je moguće analizirati, tj. ispitati putem raznih vrsta mehaničkih i elektromehaničkih simulacija (slika 5.34.), kako bi se izbjegli potencijalni problemi u budućnosti, nakon proizvodnje. Nakon toga, CAM alati omogućuju projektiranje cjelokupnog proizvodnog procesa za tako konstruirane proizvode. Oni uključuju mogućnost automatizacije programiranja alatnih strojeva, kako bi se povećala njihova učinkovitost. Također, cijeli proces proizvodnje je moguće simulirati radi pronalaženja „uskih grla“, tj. potencijalnih slabih točaka u proizvodnom procesu.



Slika 5.34. Simulacija modela u NX softveru [54]

## 6. ZAKLJUČAK

Analizom trenutnog stanja autoindustrije u svijetu, te opažanjem trendova koje ona slijedi, dolazi se do zaključka da će se u skorašnjoj budućnosti dogoditi vrlo značajne promjene u autoindustriji. Globalna težnja za smanjenjem emisije stakleničkih plinova i povećanjem učinkovitosti korištenja energije, poticat će postupni prelazak s fosilnih goriva na alternativne izvore energije. Ostaje za vidjeti kako će se proizvođači nositi s predstojećim kriterijima koji će se pred njih postavljati, a koji će postajati sve veći i sve strožiji. Najveći napredak nas očekuje u razvoju hibridnih i potpuno električnih vozila. Pred tom tehnologijom se nalazi još mnogo prepreka, kako u razvoju infrastrukture (stanica za punjenje i sl.), tako i u smanjenju cijene proizvodnje, a time i konačne cijene automobila. Stoga je i prostor za inovacije, koje će naći rješenja za te poteškoće, velik.

Međutim, vidljivo je da su različiti proizvođači na različite načine pristupili rješavanju izazova s kojima se autoindustrija suočava. Iako priznaje nužnost razvijanja vozila na hibridni, a potom i na električni pogon, Mazda smatra kako se i dalje isplati ulagati u povećanje učinkovitosti motora s unutarnjim izgaranjem. To potvrđuju i istraživanja koja kažu da će 2020. godine, automobili pokretani benzinskim i dizelskim motorima i dalje zauzimati više od 80% tržišta. Također, iz analize inovacija više proizvođača i njihovog pristupa razvoju novih vozila, vidljiv je trend smanjenja mase automobila, sve većom uporabom lakših i čvršćih materijala, poput visokočvrstih čelika. Oni, osim što čine karoseriju automobila čvršćom i otpornijom na udarce, ujedno pridonose štednji na masi automobila, što ima za izravnu posljedicu smanjenje potrošnje goriva. Smanjenje potrošnje goriva, pak, ujedno smanjuje i emisiju štetnih plinova. Prisutan je i trend povećanja sigurnosti automobila. Osim učvršćivanjem karoserije, proizvođači automobila nastoje povećati sigurnost, kako putnika u vozila, tako i svih ostalih sudionika u prometu. To postižu ugradnjom raznih elektroničkih sustava, koji imaju razne funkcije, od obavješćavanja vozača o potencijalnim opasnostima na cesti, preko pomoći pri kočenju i skretanju, povećanja vidljivosti noću, preglednosti mrtvog kuta, pomoći pri parkiranju, do automatskog zaustavljanja vozila u slučaju neposredne opasnosti od sudara. Neki proizvođači samo preuzimaju već razvijene sustave, te ih prilagođavaju za svoja vozila, dok drugi (poput Volva) ulažu znatna sredstva kako bi razvili nove sustave sigurnosti i zadržali primat u području sigurnosti vozila.

Oni proizvođači, koji će najbolje ovladati procesom upravljanja inovacijama, te prepoznati koje inovacije će tržište prihvatiti, imaju najveću šansu stjecanja tržišne prednosti te dugoročnog opstanka na njemu.

## 7. LITERATURA

- [1] Zeleny, M.: *High Technology Management*, 1986.
- [2] Plepys, A.: *A little bit about technology innovation and its implications*, International Institute for Industrial Environmental Economics, Lund University, 2006.
- [3] *Frederick Winslow Taylor*, [http://en.wikipedia.org/wiki/Frederick\\_Winslow\\_Taylor](http://en.wikipedia.org/wiki/Frederick_Winslow_Taylor), 28.01.2013.
- [4] *Toyota Production System*, [http://en.wikipedia.org/wiki/Toyota\\_Production\\_System](http://en.wikipedia.org/wiki/Toyota_Production_System), 18.02.2013.
- [5] Khalil, T.: *Management of Technology, The key to competitiveness and wealth creation*, McGraw-Hill Book Co, Singapore, 2000.
- [6] *Digital Agenda for Europe - European Commission*, <https://ec.europa.eu/digital-agenda/en/about-science-society>, 29.01.2013.
- [7] Jain, R. K., Triandis, H. C.: *Management of R&D Organizations*, Wiley Interscience, New York, 1990.
- [8] Rogers, E. M.: *Diffusion of Innovations, Fourth Edition*, The Free Press, New York, 1995.
- [9] Bordogna, J.: *Innovation and Creative Transformation in the Knowledge Age: Critical Trajectories*, Plenary Session, Portland International Conference on Management of Engineering and Technology, 29.07.1997.
- [10] Kash, D. E., Rycroft, R.: *Technology policy in the 21st century: How will we adapt to complexity?*, American Association for the Advancement of Science, Seattle, Washington, 1997.
- [11] *History of Automotive Industry*, <http://www.technofunc.com/index.php/domain-knowledge/automotive-industry/item/history-of-automotive-industry>, 11.02.2013.
- [12] *History of the Automobile Industry*, [http://cars.lovetoknow.com/History\\_of\\_the\\_Automobile\\_Industry](http://cars.lovetoknow.com/History_of_the_Automobile_Industry), 11.02.2013.
- [13] *Ford Model T*, [http://en.wikipedia.org/wiki/Ford\\_Model\\_T](http://en.wikipedia.org/wiki/Ford_Model_T), 13.02.2013.
- [14] *Automotive industry*, [http://en.wikipedia.org/wiki/Automotive\\_industry](http://en.wikipedia.org/wiki/Automotive_industry), 25, 11.02.2013.
- [15] *Automotive industry crisis 2008-2010*, [http://en.wikipedia.org/wiki/Automotive\\_industry\\_crisis\\_of\\_2008-2010](http://en.wikipedia.org/wiki/Automotive_industry_crisis_of_2008-2010), 25, 11.02.2013.
- [16] *The automobile industry pocket guide*, ACEA, 2012.
- [17] *Kyoto protocol reference manual on accounting of emissions and assigned amounts*, United Nations Framework Convention on Climate Change, 2008.
- [18] *Regulation (EC) NO 443/2009 of the European Parliament and of the Council*, 13.02.2013.
- [19] *Strategija energetskeg razvoja Republike Hrvatske*, Narodne novine br. 130/2009
- [20] *Zakon o posebnom porezu na motorna vozila*, Narodne novine br. 15/2013
- [21] *Reducing CO<sub>2</sub> Emissions*, [http://www.acea.be/news/news\\_detail/reducing\\_co2\\_emissions](http://www.acea.be/news/news_detail/reducing_co2_emissions), 13.02.2013.
- [22] *Road transport: Reducing CO<sub>2</sub> from vehicles*, [http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/index_en.htm), 13.02.2013.
- [23] *New Passenger Car Registrations - Breakdown by Average Power*, <http://www.acea.be/collection/statistics>, 20.02.2013.
- [24] Šestan, D.: *Diplomski rad*, FSB, Zagreb, 2011.

- [25] *How a Turbocharger Works*, <http://ricketts.com/how-a-turbocharger-works/>, 20.02.2013.
- [26] *Piezo injektori*, [http://www.volkswagen.hr/sve\\_o\\_vw\\_u/inovacija/motori/sustavi\\_ubrizgavanja/piezo\\_injektori/](http://www.volkswagen.hr/sve_o_vw_u/inovacija/motori/sustavi_ubrizgavanja/piezo_injektori/), 20.02.2013.
- [27] Bevandić, D. *NHTSA Crash testovi*, AutoIQ magazin 17, str. 66-69, 2012.
- [28] Bevandić, D. *IIHS Crash testovi*, AutoIQ magazin 16, str. 50-51, 2012.
- [29] Bevandić, D. *EuroNCAP Crash testovi*, AutoIQ magazin 18, str. 68-71, 2012.
- [30] *Car Innovation 2015: A comprehensive study on innovation in the automotive industry*, Oliver Wyman, 2007.
- [31] *Electrification of the Automotive Industry – The European Consumer's View*, EurotaxGlass's Report, 2011.
- [32] *SkyActiv Technology 2011, Press Kit*, Mazda, 2011.
- [33] *HowStuffWorks „What is engine knock?“*, <http://auto.howstuffworks.com/engine-knock.htm>, 18.02.2013.
- [34] *Mazda: SkyActiv-G*, <http://www.mazda.com/mazdaspirit/skyactiv/engine/skyactiv-g.html>, 18.2.2013.
- [35] *Mazda SkyActiv Technology*, <http://www.mazdausa.com/MusaWeb/skyactiv.action>, 18.02.2013.
- [36] *Mazda: SkyActiv-D*, <http://www.mazda.com/mazdaspirit/skyactiv/engine/skyactiv-d.html>, 18.02.2013.
- [37] *NGK Glow-plug technologies*, <http://www.ngk.de/en/products-technologies/glow-plugs/glow-plug-technologies/ceramic-glow-plugs/>, 20.02.2013.
- [38] *SkyActiv-D (Diesel engine)*, <http://www.mazda-news.eu/2011/06/01/skyactiv-d-diesel-engine/>, 18.02.2013.
- [39] *Mazda: SkyActiv-Drive*, <http://www.mazda.com/mazdaspirit/skyactiv/transmission/skyactiv-drive.html>, 18.02.2013.
- [40] *Autoportal.hr – mazda predstavila SkyActiv tehnologiju nove generacije*, <http://www2.autoportal.hr/201011049287/Nove-tehnologije/Benzinski-i-dizelski-motori-s-rekordnim-kompresijskim-omjerima-novi-rueni-i-automatski-mjenjaei/menu-id-72.html>, 18.02.2013.
- [41] *Mazda: SkyActiv-Body*, <http://www.mazda.com/mazdaspirit/skyactiv/platform/skyactiv-body.html>, 18.02.2013.
- [42] *Mazda: SkyActiv-Chassis*, <http://www.mazda.com/mazdaspirit/skyactiv/platform/skyactiv-chassis.html>, 18.02.2013.
- [43] *AUSmotive.com > Golf VII revealed*, <http://www.ausmotive.com/2012/09/05/volkswagen-golf-vii-revealed.html>, 18.02.2013.
- [44] *Der Golf VII: Der Leichtbau-Ansatz*, <http://www.automobil-industrie.vogel.de/neuemodelle/articles/376867/>, 18.02.2013.
- [45] *Highlights – Noul Golf*, [http://www.volkswagen.ro/modele/noul\\_golf/highlights/57036\\_sistemul\\_de\\_franare\\_automat\\_multi\\_collision\\_brake](http://www.volkswagen.ro/modele/noul_golf/highlights/57036_sistemul_de_franare_automat_multi_collision_brake), 18.02.2013.
- [46] *Galerija s novim Volvom V40*, <http://www.volvocars.com/hr/all-cars/volvo-v40/pages/the-gallery.aspx#/gallery-1>, 18.02.2013.

- [47] *Novi Volvo V40 – sigurnost i podrška, Press Information*, Volvo Car Corporation, 13.03.2012.
- [48] *Volvo Car Group Global Media Newsroom*,  
<https://www.media.volvocars.com/global/enhanced/en-gb/Media/Preview.aspx?mediaid=42321>, 18.02.2013.
- [49] *Rekordni rezultat Volva V40 na EuroNCAP sigurnosnom testiranju, Press Release*, Volvo Car Corporation, 29.08.2012.
- [50] *F01/F02 General Vehicle Electrical System*, BMW AG, München, 2012.
- [51] *F01/F02 Driver Assist Systems*, BMW AG, München, 2012.
- [52] Vadla, I.: *Diplomski rad*, FSB, Zagreb, 2009.
- [53] *Product lifecycle management*,  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Product\\_lifecycle\\_management](http://en.wikipedia.org/wiki/Product_lifecycle_management), 20.02.2013.
- [54] *Teamcenter: Siemens PLM software*,  
[http://www.plm.automation.siemens.com/en\\_us/products/teamcenter/index.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/teamcenter/index.shtml), 20.02.2013.
- [55] *NX: Siemens PLM software*,  
[http://www.plm.automation.siemens.com/en\\_us/products/nx/index.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/nx/index.shtml), 20.02.2013.